

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra Elektroenergetiky**

## **Vyvedení výkonu z teplárny**

**Connection of the combined heat and power  
plant to the network**

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Přerově, 7. května 2010

**Poděkování:**

Chtěl by poděkovat Ing. Petru Feberovi za jeho čas a ochotu a také za odborné rady, které mi v průběhu zpracování pomohly ke zpracování zadaného tématu. Poděkování také patří vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Radomíru Goňovi Ph.D. za jeho snahu a vstřícnost věnovanou při průběhu vypracování diplomové práce.

**Abstrakt:**

Tato diplomová práce se zabývá možnostmi vyvedení elektrického výkonu z turbogenerátorových soustrojí v Teplárně Přerov. První část obsahuje teoretickou přípravu pro zhodnocení. Druhá část se zabývá zhodnocením stávajícího stavu a stávajících elektrických parametrů zařízení teplárny a distributora el. energie do kterého je přenášený výkon dodáván. Dále v druhé části budou navrženy varianty jak navýšený výkon co nejoptimálněji přenést do distribučního zařízení (distribuční nebo přenosová soustava). K jednotlivým variantám budou zpracovány také výpočty a modelové situace v programu Evliva, nahrazující skutečné vedení. V závěru je uveden legislativní rámec ČR pro připojení zdrojů do PS nebo DS.

**Abstract:**

This Diploma Thesis deals with possibilities of electrical power extraction from the turbo-generator set in heat station in Přerov. The first part contains theoretical preparation for final estimation. The second part deals with valuation of the present condition and present electrical parameter of heat station equipment and the electric deliverer into which is the transmitted power delivered. In the second part there will be designed several variants for the most optimum power increasing into the distribution set. To each variation there will be processed also calculations and model situations in Evliva programme, these will replace the actually power line. In the conclusion there is the legislative programme of the Czech Republic for connection to supply system into PS or DS.

**Klíčová slova:**

Energie; elektroenergetika; přenášený výkon; přenosová soustava; parametry vedení; elektrické stanice; výpočet zkratových poměrů; dimenzování elektrického zařízení; elektrické ztráty; úbytek napětí; hospodárnost průřezu; návrh variant; teplárna; turbogenerátor; legislativní podmínky.

**Key words:**

Energy; electricity industry; transmitted power; transmitted set; conducting parameters; electrical stations; short circuit ratio calculation; electrical set dimensioning; electric losos; tension decrease; economy cut; alternate suggestion; heat station; turbo-generator; legislative conditions.

## Seznam použitých symbolů a zkratk:

<b>TG</b>	Turbogenerátorové soustrojí
<b>DS</b>	Distribuční soustava
<b>ES</b>	Elektrizační soustava
<b>PS</b>	Přenosová soustava
<b>DTS</b>	Distribuční trafostanice
<b>PSS</b>	(Power System Stabiliser) systémový stabilizátor v regulátoru buzení
<b>MPO</b>	Ministerstvo průmyslu a obchodu
<b>OZE</b>	Obnovitelný zdroje energie
<b>PTN/PTP</b>	Přístrojový transformátor napětí/proudu
<b>TG</b>	Turbína a generátor na jedné hřídeli – turbogenerátor, blok
<b>ČEPS, a.s.</b>	Česká přenosová soustava, akciová společnost
<b>R</b>	Rezistance [ $\Omega$ ]
<b>L</b>	Indukčnost [H]
<b>C</b>	Kapacita [F]
<b>Z</b>	Impedance [ $\Omega$ ]
<b>X</b>	Reaktance [ $\Omega/\text{km}$ ]
<b>Y</b>	Admitance [S/km]
<b>G</b>	Svodová vodivost [S]
<b>P</b>	Činný výkon [W]
<b>Q</b>	Jalový výkon [var]
<b>S</b>	Zdánlivý výkon [VA], také Průřez vodiče [ $\text{mm}^2$ ]
<b>P<sub>p</sub></b>	Přírozený výkon [W] nebo také hodnota soudobého příkonu [W]
<b>A</b>	Elektrická práce [kWh]
<b>U<sub>0</sub>, U<sub>n</sub></b>	Jmenovité fázové napětí [V]
<b>I<sub>n</sub></b>	Jmenovitý proud [A]
<b>f</b>	Frekvence sítě [Hz]
<b>T</b>	Doba plných ztrát, nebo také tepelný odpor [ $\text{K.m.W}^{-1}$ ]
<b>cosφ</b>	Úhel posunu mezi fázory [-]
<b>Z<sub>v</sub></b>	Vlnová impedance [ $\Omega$ ]
<b>ΔS</b>	Výkonové ztráty [VA]
<b>ΔP</b>	Činné ztráty [W]
<b>ΔU</b>	Úbytek napětí [V]
<b>β</b>	Součinitel náročnosti
<b>F<sub>K</sub></b>	Síla mezi vodiči (vztažená na jeden metr délky) [ $\text{N.m}^{-1}$ ]
<b>S<sub>MIN</sub></b>	Minimální průřez vodiče
<b>t</b>	Počet provozních hodin
<b>Z<sub>S</sub></b>	Impedance poruchové smyčky
<b>I<sub>A</sub></b>	proud zajišťující samočinné odpojení od zdroje
<b>I<sub>k</sub></b>	Počáteční rázový zkratový proud [A]
<b>I<sub>ke</sub></b>	Ustálený zkratový proud [A]
<b>I<sub>ke</sub></b>	Ekvivalentní oteplovací proud [A]
<b>I<sub>b</sub></b>	Vypínací zkratový proud [A]
<b>i<sub>p</sub></b>	Nárazový zkratový proud [A]

$S_k$	Zkratový výkon [VA]
$S''_k$	Rázový zkratový výkon zkratového obvodu [VA]
$Z_k$	Zkratová impedance [ $\Omega$ ]
$Z_{(0)}$	Nulová impedance zkratového obvodu [ $\Omega$ ]
$Z_{(1)}$	Sousledná impedance zkratového obvodu [ $\Omega$ ]
$Z_{(2)}$	Zpětná impedance zkratového obvodu [ $\Omega$ ]
$c$	Napěťový činitel [-]
$S_V$	Vztažný výkon soustavy [-]
$k$	Koeficient pro výpočty [-]
$K$	Koeficient pro výpočet oteplení [-]
$t_k$	Doba vypnutí zkratu [s]
$T_{kmax}$	Maximální doba trvání zkratu [s]
$T_{kmin}$	Minimální doba trvání zkratu [s]
<b>nn</b>	Nízké napětí
<b>vn</b>	Vysoké napětí
<b>vvn</b>	Velmi vysoké napětí
$k_e$	Činitel při výpočtu ekvivalentního oteplovacího proudu
<b>el.</b>	Elektrické
<b>M</b>	Motor
Dolní indexy:	
<b>(0)</b>	Nulová složka
<b>(1)</b>	Sousledná složka
<b>(2)</b>	Zpětný složka
<b>k1</b>	Jednofázový zkrat
<b>k2</b>	Dvoufázový zkrat
<b>k3</b>	Trojfázový zkrat
<b>max</b>	Maximum
<b>min</b>	Minimum
<b>n</b>	Jmenovitá hodnota
<b>S</b>	Soustava
<b>T,t</b>	Transformátor

## OBSAH:

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DRUHY ELEKTRICKÝCH SÍTÍ A JEJICH DIMENZOVÁNÍ</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Teoretický rozbor elektrických vedení a stanic</b>	<b>2</b>
2.1.1	Elektrické vedení	5
2.1.2	Elektrické stanice	7
<b>2.2</b>	<b>Rozdělení a provoz elektrických sítí</b>	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>Řešení ustáleného chodu sítě</b>	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Dimenzování vodičů</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>TEORIE ZKRATOVÝCH A SPOLEHLIVOSTNÍCH VÝPOČTŮ</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Spolehlivost v elektroenergetice a její problematika</b>	<b>18</b>
3.1.1	Metodika výpočtu spolehlivosti dle směrnice ČEZ 22/80	19
<b>3.2</b>	<b>Teorie výpočtů zkratů</b>	<b>20</b>
3.2.1	Základní pojmy a definice	20
<b>3.3</b>	<b>Ztráty v rozvodu elektrické energie</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>LEGISLATIVNÍ RÁMEC - PODMÍNKY PŘIPOJENÍ ZDROJE</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Výběr podmínek daných zákony a vyhláškami</b>	<b>29</b>
4.1.1	Zákon 458/2000 Sb.	29
4.1.2	Vyhláška 51/2006 Sb.	32
<b>4.2</b>	<b>Výběr podmínek daných pravidly provozovatelů ES, PS a DS</b>	<b>37</b>
4.2.1	Pravidla provozování elektrizační soustavy	37
<b>5</b>	<b>MOŽNÉ ZPŮSOBY PŘIPOJENÍ ZDROJE NA SÍŤ</b>	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>Stávající technické podmínky</b>	<b>46</b>
5.1.1	Současný stav zařízení v teplárně Přerov	46
5.1.2	Současný stav zařízení v rozvodně Dluhonice	48
5.1.3	Současný stav zapojení a toků výkonu přes vedení vn 22 kV	49
<b>5.2</b>	<b>Varianta 01 vyvedení celého výkonu přes vedení vn 22 kV</b>	<b>51</b>
<b>5.3</b>	<b>Varianta 02 vyvedení výkonu do systému 22 kV a zároveň do 110 kV</b>	<b>53</b>
<b>5.4</b>	<b>Varianta 03 vyvedení celého výkonu do 110 kV přes jedno vedení vvn</b>	<b>55</b>
<b>5.5</b>	<b>Varianta 04 vyvedení celého výkonu přes dva TR 110/6,3 kV a dvěma kabelovými vedeními vvn</b>	<b>56</b>
<b>5.6</b>	<b>Technicko ekonomické zhodnocení jednotlivých variant</b>	<b>57</b>
5.6.1	Výpočty a příprava na hodnocení	57
5.6.2	Zhodnocení variant	58
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH:</b>	<b>63</b>

# 1 ÚVOD

Ve své diplomové práci se budu zabývat variantním návrhem řešení vyvedení výkonu z rekonstruovaného energetického zdroje, dvou turbogenerátorů (TG) v Teplárně Přerov do distribuční soustavy (DS). Ve stávajícím stavu má Teplárna Přerov dva TG o celkovém součtu výkonů 46 MW. Druhý TG ovšem pracuje pouze na zlomkový výkon své jmenovité hodnoty a po rekonstrukci parogenerátoru a instalaci nového kotle na spalování také biomasy se celkový součet výkonů navýší na cca 70 – 80 MW. Podrobnější popis stávajícího stavu je uveden dále v této práci kapitole 5.1.1. Už nynější stav řadí Teplárnu Přerov k významnému dodavateli elektrické energie v tomto regionu a po plánovaném navýšení svou pozici ještě více upevní.

Úkolem této práce není řešit vztahy mezi společnostmi Dalkia a.s. Ostrava (jako vlastníka Teplárny Přerov a dodavatele el. energie do DS) a ČEZ Distribuce a.s. Děčín resp. ČEPS a.s. Praha (jako vlastníky jednotlivých součástí DS, do kterých jsou varianty připojení zpracovány).

Pro zpracování jednotlivých variant je potřeba zmapovat stávající stav dodávaných výkonů, jejich vyvedení, technické možnosti vedení VN, které doposud přenášejí vyrobenou elektřinu do rozvodny 110/22 kV Dluhonice. Na základě takto získaných informací bude možno provést návrhy variantních řešení vyvedení navýšeného výkonu a rozhodnout o optimální variantě. Provede se kontrola zkratových poměrů, jejich změna způsobená připojením navýšeného zdroje, výpočet úbytků napětí, ztrát způsobených přenosem a v neposlední řadě také zhodnocení investiční náročnosti jednotlivých variant. Kontrola elektrických veličin se provede pro zkratové poměry současného stavu jak ručním výpočtem dle ČSN EN 60909 tak namodelování situace v programu Evlivy. S ohledem na časovou náročnost bude pro další varianty použito pro ověření elektrických veličin jednotlivých zapojení programu E-vlivy.

## **2 DRUHY ELEKTRICKÝCH SÍTÍ A JEJICH DIMENZOVÁNÍ**

### **2.1 Teoretický rozbor elektrických vedení a stanic**

#### **Elektroenergetika a energie**

Pod pojmem energie si můžeme představit filozofickou podstatu a to tak, že energie je projevem pohybu hmoty a zákon zachování energie se v elektroenergetice projevuje názorně. Tento zákon pojednává o formách přeměny energie, které v energetice vidíme. V energetickém odvětví (plynárství, teplárství, elektroenergetika) se primární zdroje mění na využitelné formy energií a jejich další využívání. Hlavním principem energetického odvětví je výroba, přenos a spotřeba energie.

V současné době jsou obecně na energetiku kladeny vysoké nároky jak na spolehlivost, na přenesený výkon, ale také na využití obnovitelných zdrojů, které mají zmenšit závislost výroby energie na klasických fosilních palivech.

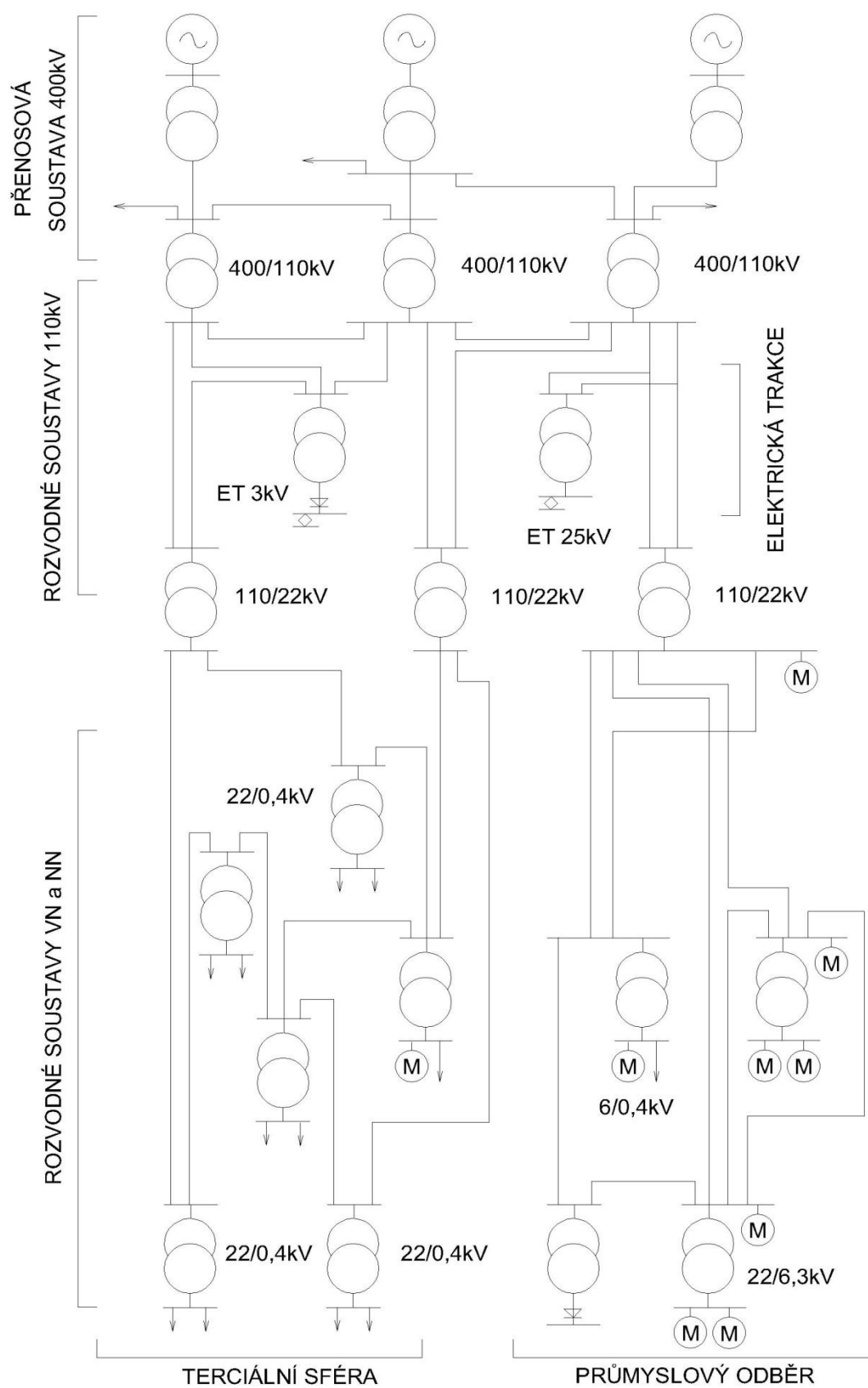
Dostatek energie každého druhu je důležitý pro další rozvoj společnosti a její spotřeba má stoupající charakter. Dá se říci, že zvyšování životní úrovně ve společnosti vede ke zvyšování spotřeby všech ušlechtilých forem energie i přesto, že se intenzivně pracuje na vývoji nízkoenergetických projektů všeho druhu.

#### **Elektrizační soustava**

Elektrizační soustava slouží k přenosu a rozvodu elektrické energie z místa výroby až do místa spotřeby. Skládá se ze zdrojových částí (např. tepelné, jaderné, vodní, plynové nebo větrné elektrárny) ze soustavy přenosových a rozvodných neboli distribučních vedení a koncových spotřebitelů.

Přenosové soustavy slouží k přenosu velkých výkonů mezi hlavními uzly elektrizační soustavy. Rozvodné soustavy mají za úkol rozdělit elektrickou energii z napájeného uzlu do jednotlivých skupin nebo oblastí spotřebičů, popř. k jednotlivým velkým spotřebičům přímo. Veřejné rozvodné soustavy slouží k napájení oblasti termální sféry (byty, občanská vybavenost) a jsou z nich napájeny i rozvodné sítě průmyslové, zemědělské a dopravní. Elektrizační (rozvodná) soustava České Republiky je na obr. 1.





Obr. 1 – Rozvodná soustava ČR

## **Přenosová soustava**

Přenášení elektrické energie v ČR se uskutečňuje přenosovou soustavou, která se skládá z vedení 3 ~ 50 Hz 400 kV dále 3 ~ 50 Hz 220 kV (obě s uzemněným uzlem). Zařízení s napětím 220 kV se ale již dále nerozvíjí. Vedení vln 3 ~ 50 Hz 110 kV můžou sloužit jednak jako přenosová, ale také jako distribuční, to záleží odkud a kam a co napájí [2].

Zdroje (elektrárny) jsou buď přímo zapojeny do soustavy 400 kV, nebo 220 kV popř. mohou být zapojeny také do sítě 110 kV, které pracují do přenosových soustav přes zvyšovací transformátory. Způsob zapojení zdroje závisí hlavně na jeho výkonu, ale také na zkratových poměrech a místních podmínkách kde má zdroj pracovat anebo být připojen.

Uzly přenosové soustavy jsou tvořeny elektrickými stanicemi, jejichž funkcí je spínat různé větve soustavy, provádět transformaci el. energie na jiná napětí, která potom slouží k distribuci a konečnému rozvodu k zákazníkům.

Přenosové soustavy jsou tvořeny venkovními vedeními, která se při přenosu projevují svými vlastnostmi (odpor, indukčnost, kapacita, svodová vodivost). Optimální výkon přenášený vedením je tzv. *přirozený výkon*, což je takový výkon přenášený vedením, při kterém se vedení jeví jako by mělo pouze činný odpor, protože jalové výkony vznikající vlivem příčné kapacity a podélné indukčnosti vedení jsou si rovny a ve svém účinku se vzájemně ruší.

Takový stav nastává v případě, kdy se impedance zátěže na konci vedení rovná vlnové impedanci vedení  $Z_v$ . Přirozený výkon je dán vztahem:

$$P_p = \frac{U^2}{Z_v} \quad [MW, kV, \Omega] \quad (2.1)$$

Kde  $U$  je sdružené napětí sítě [kV]

$Z_v$  je vlnová impedance vedení [ $\Omega$ ]

Vlastnosti přenosu lze ovlivnit změnou indukčnosti nebo kapacity vedení kondezátorovými bateriemi, synchronními kompenzátory nebo tlumivkami.

Elektrické stanice jsou nedílnou součástí elektrizačních soustav. Jsou jimi propojeny sítě různých proudových a napěťových soustav a přes ně se také jednotlivé sítě vzájemně ovlivňují. Musí být proto řešeny tak, aby umožňovaly všechny transfigurace soustavy, umožněné propojovanými sítěmi. Jejich umístění v soustavě musí být voleno co nejoptimálněji a v ČR se do budoucna uvažuje s územím cca 10.000 km<sup>2</sup> pro zásobování stanice s transformací 400/110 kV. Od napěťové hladiny 220 kV, jak jsem již uvedl se upouští.

## **Distribuční rozvodná soustava**

Vedení 110 kV jsou napájena z napětových hladin 400 a 220 kV a jak jsem již uvedl, mohou sloužit jako přenosová, ale i jako distribuční síť. Mohou být provedena jako průběžná nebo okružní, někdy napájena ze dvou míst. Jsou provedena také jako venkovní vedení většinou dvojitémi (jednoduché jsou spíše ojedinělé) linkami. U této napětové hladiny můžeme také najít kabelová vedení, ale to jen výjimečně, většinou ve výrobních nebo v průmyslových či městských zástavbách. Transformace na napětí nižší než vvn se provádí zásadně ze sítě 110kV v transformačních stanicích 110/22 popř. 110/35 kV. Tyto transformační stanice slouží k napájení vedení vn, které potom slouží výhradně jako distribuční vedení a slouží k napájení převážně většiny konečných spotřebitelů [2].

V ČR se používají na straně vn převážně vedení o jmenovitém napětí 22 kV, ale také v menší míře ještě napětí 35 kV (např. východní Čechy) a v průmyslových nebo městských, převážně kabelových sítích ještě napětí 10 a 6,3 kV. Poslední zmíněné napětové hladiny jsou také na ústupu a nově se nahrazují technologií 22 kV.

Pro transformaci 110 kV na nižší napětí se většinou používají transformátory s hodnotou zdánlivého výkonu 16, 25, 40, 50 a 63 MVA.

### **2.1.1 Elektrické vedení**

Jako první se elektrické vedení navrhuje po stránce elektrických vlastností (provozní napětí, proudové zatížení, dovolené úbytky napětí, ztráty způsobené přenosem apod.) Po elektrickém návržení se provede návrh nového vedení po stránce konstrukční a mechanické.

Návrh venkovního vedení z mechanického hlediska je nejvýrazněji závislý na klimatických podmínkách, které se mohou po délce navrhované trasy značně měnit (námrazová oblast, nadmořská výška, proudění větrů). Přesto se takový návrh musí volit optimálně a vycházet z praktických zkušeností, neboť zohlednit naplno všechny možné rizikové faktory by pro stavbu vedení bylo neekonomické. Připouští se určité riziko škody při maximálních extrémních podmínkách.

Základní podklady pro navrhování a stavbu venkovních vedení vvn jsou shrnuty v normě ČSN 333300 – Stavba silových elektrických vedení nad 52kV. Při návrhu venkovních vedení je nutno dodržovat ustanovení výše uvedené normy:

- ⇒ Terénní a meteorologické podmínky (terén, teplota, okolí, vítr, námraza)
- ⇒ Zatěžovací stavy (klasifikace zatížení, zatížení ve statických výpočtech, kritéria pro výpočet mechanického namáhání stožárů)
- ⇒ Technické požadavky na vedení (bezpečnost vedení, zvýšená bezpečnost, ochrana životního prostředí, ochrana ptactva)
- ⇒ Hladiny provozního napětí

Základními mechanickými prvky venkovních vedení jsou:

- Stožáry (kovové konstrukce)
- Vodiče
- Izolátory a armatury
- Základy

**Parametry vedení**

V základním (obecném) případě počítáme na vedení se čtyřmi parametry:

- Činný odpor  $R$  [ $\Omega$ ]
- Indukčnost  $L$  [H]
- Kapacita  $C$  [F]
- Svod (svodová vodivost)  $G$  [S]

Při výpočtech střídavých vedení vvn a zvn budou brány v úvahu všechny čtyři parametry vedení mimo vedení se jmenovitým napětím menším než 400 kV se zanedbává  $G$  - svod.

Činný odpor  $R$  indukčnost  $L$  tvoří tzv. podélnou impedanci vedení, která je vyjádřena vztahem:

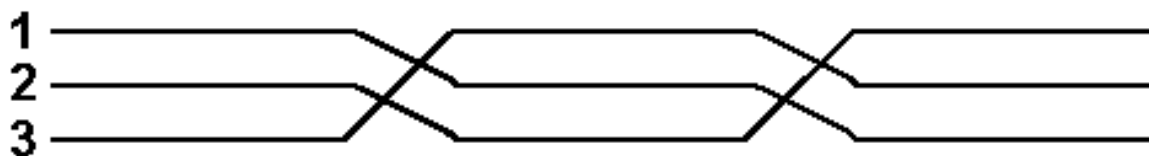
$$\bar{Z} = R + j\omega L \quad (2.5)$$

Reálnou část podélné impedance tvoří činný odpor a induktivní reaktance ( $X=\omega L$ ).

Kapacita vedení  $C$  a svodová vodivost  $G$  tvoří tzv. příčnou admitanci vedení, která je vyjádřena vztahem:

$$\bar{Y} = G + j\omega C \quad (2.6)$$

Aby vlivem rozdílných indukčností vodičů nedošlo k nesymetrii napětí na konci vedení, provádí se na vedeních vvn a zvn tzv. zákrut. V místě zákrutu se provede vystřídání pozice vodičů na hlavě stožáru (obr.4). Zákrutem se dosáhne toho, že indukčnost i kapacita každé fáze je přibližně stejná. Jeden zákrut se provádí do 200km délky vedení, nad 300 km vedení se provádí plný zákrut.



***Obr. 4 – Zákrut na vedení VVN***

### **2.1.2 Elektrické stanice**

Elektrické stanice jsou uceleným zařízením uzlů elektrizační soustavy. Slouží k transformaci el. energie na jiné napětí, dále k jejímu rozvodu nebo k přeměně střídavého proudu na stejnosměrný.

#### **Členění elektrických stanic**

##### **a) podle účelu**

- ⇒ transformovny (transformace na různá napětí a další rozvod elektřiny)
- ⇒ spínací stanice (rozvod elektrické energie pro vedení stejného napětí)
- ⇒ měnirny (přeměna střídavé složky na stejnosměrnou)

##### **b) podle způsobu obsluhy**

- ⇒ s trvalou obsluhou
- ⇒ bez obsluhy s pravidelným dozorem
- ⇒ bez obsluhy s dálkovým ovládáním

Hlavní části elektrických stanic:

- ⇒ Elektrické části – rozvodná zařízení, transformátory, kompenzační zařízení
- ⇒ Společné a pomocné části
- ⇒ Stavební části

#### **Schémata elektrických stanic**

Schéma stanice určuje provozní vlastnosti daného zařízení [3]. Druh schématu je určován celou řadou požadavků, např.:

- ⇒ Provozní požadavky (zapojení do elektrizační soustavy)
- ⇒ Bezpečnost provozu (ochrana před zkrat, proudy, ochrana před úrazem el. proudem, zamezení vadné manipulace)
- ⇒ Investiční a provozní hospodárnost

Schéma elektrické stanice je tvořeno odbočkami a přípojnícemi. Základním modulem rozvodného zařízení jsou odbočky, které můžeme rozdělit na:

##### **a) hlavní**

- ⇒ alternátorové
- ⇒ transformátorové
- ⇒ Vývodové:
  - venkovní
  - kabelové
  - motorové
  - kondenzátorové, tlumivkové
  - jiné

##### **b) pomocné**

- ⇒ spínače hlavních přípojníc
- ⇒ spínače pomocných přípojníc
- ⇒ pro měření napětí
- ⇒ pro bleskojistky

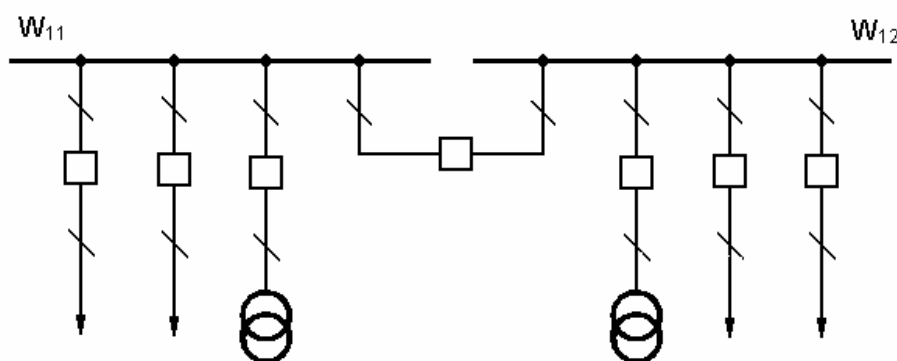
Propojení odboček se děje pomocí přípojníc. Jsou to holé vodiče (pásovny provedené z Al nebo Cu) jejichž průřez je dán proudovým zatížením, dále požadavky na pevnost a zkratovými poměry. Podle druhu použitého schématu lze v rozvodných zařízeních použít více systému přípojníc. Dle druhu a počtu se pak provozují rozvodná zařízení:

- a) s přímými přípojnícemi (jednoduchými, jednoduchými s pomocnými, dvojíty, dvojíty s jednou ve funkci pomocné, dvojíty s pomocnými, trojíty, trojíty s pomocnými)
- b) s okružními přípojnícemi (bez a se záložním spínačem)
- c) bez přípojníc (např. rozvodny „H“)
- d) s větším počtem vypínačů na odbočku

### Systémy přípojníc

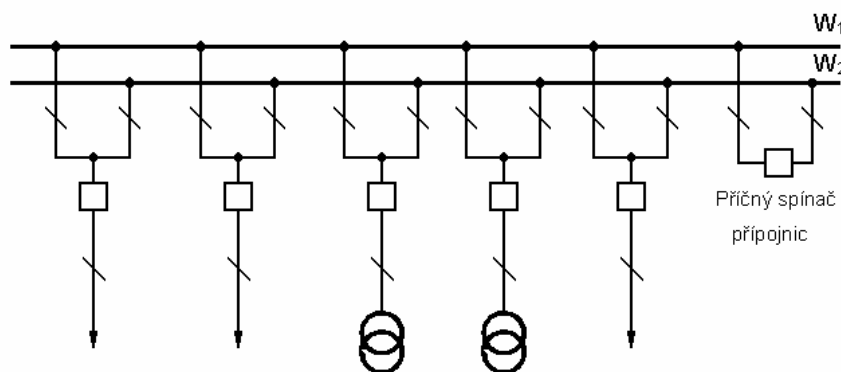
Hlavní systémy přípojníc se označují v elektrických stanicích označují  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ . V případě podélného dělení hlavních přípojníc pak  $W_{11}$  a  $W_{12}$ ,  $W_{21}$  a  $W_{22}$ , apod. Pomocné přípojnice se označují  $W_5$ , popřípadě  $W_{51}$ ,  $W_{52}$ .

- a) **Jednoduchý systém přípojníc** se používá tam, kde není požadavek nepřerušného zásobování při revizích a opravách. Mezi výhody patří přehlednost, jednoduchost a nízké pořizovací i provozní náklady. Spolehlivost dodávky lze zvýšit podélným dělením přípojníc (obr. 5).



*Obr. 5 – jednoduchý systém přípojníc*

- b) **Jednoduchý systém s pomocnou přípojnici**, je určen pro náročnější odběry, kde je potřeba zajistit nepřerušenou dodávku elektrické energie. Tato varianta je spolehlivější avšak finančně náročnější. Pomocná přípojnice zajišťuje provoz i při odstávce nebo poruše na hlavní přípojnici. Příklad takového zapojení je na (obr. 6) [3].



**Obr. 6 – jednoduchý systém s pomocnou přípojnici**

- c) **Dvojitý systém přípojníc** se používá tam, kde se vyžaduje vysoká spolehlivost dodávky elektrické energie, kde není přípustné ani krátkodobé přerušování, nebo tam, kde je provoz nutno dělit do dvou skupin z těchto důvodů:
- ⇒ Omezení zkratových proudů
  - ⇒ Současné napájení ze dvou nespolupracujících zdrojů
  - ⇒ Oddělení spotřebičů kolísavého příkonu od spotřebičů citlivých na kolísání napětí
  - ⇒ Oddělení venkovních a kabelových sítí
  - ⇒ Zajištění důležitých odběrů i v případě výpadku některých napáječů zbývajících napáječů menších výkonů
- d) **Dvojitý systém přípojníc**, z nichž jedna slouží jako pomocná je vyšší verzí předchozího modelu, kde je větší spolehlivost dodávek proudu.
- e) **Dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnici**, je dalším systémem zapojení se zvýšenou spolehlivostí, který ale také klade větší nároky na přehlednost při obsluze a manipulaci a také větší finanční nároky.
- f) **Trojitý systém přípojníc** se používá tam, kde dvojitě přípojnice musí být trvale v odděleném provozu a při revizi není přípustná ani krátkodobá odstávka, dále tam, kde provoz musí být dělen do tří skupin (např. při velkých zkratových výkonech) nebo kde je nutné provozní dělení s ohledem na důležitost provozu. Tyto systémy se v praxi vyskytují jen ojediněle.

## 2.2 Rozdělení a provoz elektrických sítí

Elektrickou sítí většinou rozumíme systém skládající se z většího počtu vedení téhož napětí. Na takový systém je možný pohled z několika hledisek.

### Z hlediska parametrů

- ⇒ Vedení s *prostorově soustředěnými parametry* (sítě nn a vn), tzv. krátká vedení u kterých respektuje činný odpor  $R$  u stejnosměrných sítí a u střídavých sítí respektuje činný odpor  $R$  a indukčnost vedení  $L$ , ostatní parametry můžeme z důvodu jejich malého významu pro tyto sítě zanedbat.
- ⇒ Vedení s *prostorově rozloženými parametry* (sítě vvn a zvn), tzv. dlouhá vedení, u kterých respektujeme všechny čtyři základní parametry vedení – činný odpor  $R$ , indukčnost  $L$ , kapacitu  $C$  a u vedení se jmenovitým napětím 400 kV ještě respektujeme svodovou vodivost  $G$ .

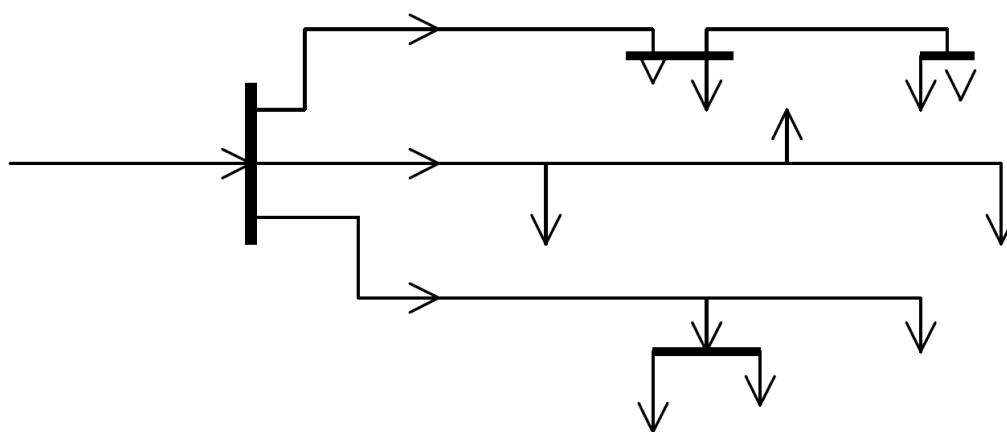
### Z hlediska napěťové hladiny

- ⇒ *Přenosové sítě* - 400 kV, 220 kV, popřípadě vedení 110 kV
- ⇒ *Distribuční sítě* – 110 kV, 35 kV, 22 kV, 10 kV, 6 kV a 0,4 kV

### Z hlediska topologie

Paprskové vedení – tento druh sítí je velmi jednoduchý, snadno se udržuje, vykazuje snadné vyhledávání poruch. Nevýhodou je, že nemá zajištěno rezervní napájení a tak výpadek kteréhokoli prvku rozvodu má za následek výpadek napájení jednoho nebo více odběrných míst [7].

Průběžné vedení (obr. 2) – je druh sítě jednoduše přehledný, ale vzhledem ke své konfiguraci musí mít větší průřezy vodičů z napájecí rozvodny. Počet vodičů je menší než u paprskové sítě. Také ale nemá možnost záložního napájení, což je nevýhoda.

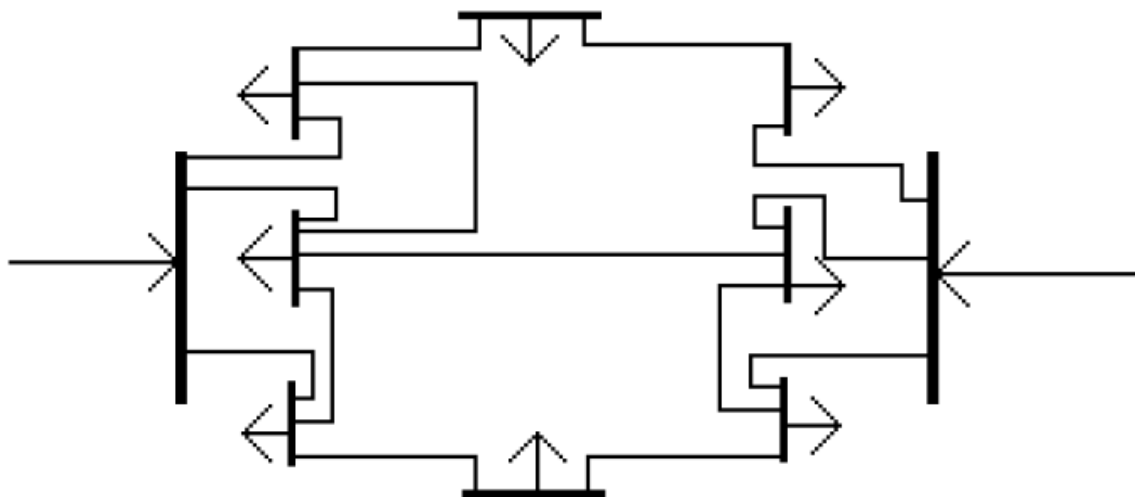


**Obr. 2 – Průběžné vedení**



Okružní vedení je druh zapojení vedení tak, že každé odběrné místo má možnost napájení ze dvou stran (i za předpokladu napájení z jedné DTS). Tím se podstatně zvýší spolehlivost napájení jednotlivých odběrů, i když se často provozují sítě jako rozpojené a v případě poruchy se provádí příslušné manipulace. Tento druh sítí je dražší než paprskový pro svou větší délku vedení nezbytných pro takové zapojení, avšak jsou provozně jistější. Provoz rozepnutých okružních sítí je přehledný a nenáročný, používá se v praxi pro všechny hladiny napětí (nn, vn i vvn).

Mřížové vedení nebo síť (obr. 3) se používají hlavně u kabelových sítí nn v městských zástavbách, ale také v ojedinělých případech u vedení vn. Dělí se dále na zjednodušené a klasické mřížové sítě [7].



*Obr. 3 – Mřížové vedení*

### **Požadavky kladené na elektrické sítě**

Hlavní požadavky na elektrické sítě se dají shrnout do následujících bodů:

- ⇒ Bezpečný provoz
- ⇒ Provozní spolehlivost
- ⇒ Přehlednost, možnost rychlého odstranění poruch
- ⇒ Hospodárnost provozu
- ⇒ Možnost rozšiřování elektrických rozvodů a jejich modernizace
- ⇒ Unifikace jednotlivých částí rozvodu

## 2.3 Řešení ustáleného chodu sítě

Při normálním provozu elektrické sítě je zapotřebí znát základní údaje v jednotlivých částech sítě (toky činných a jalových výkonů, napěťové poměry v uzlech, přenosové ztráty). Vypočtené údaje ustáleného chodu elektrické sítě slouží pro návrh dalšího rozvoje ES, pro optimalizační výpočty (hospodárné rozdělení výkonů, regulace napětí apod.) a jsou jako výchozí podklady pro řešení přechodových stavů elektrických sítí.

Při řešení ustáleného chodu provádíme obvykle určitá zjednodušení elektrické sítě. Elektrická vedení se nahrazují náhradními články (obvykle  $\pi$  nebo  $T$  článek), transformátory se nahrazují  $T$  nebo  $\pi$  články. U příčných admitancí se obvykle uvažují kapacity (vedení vn, vvn a zvn) nebo se úplně zanedbávají (vedení vn, nn) a vedení se nahrazuje pouze podélnou impedancí.

Trojfázová síť se obvykle předpokládá lineární s jedním kmitočtem souměrná v parametrech, zdrojích i spotřebičích a proto se řeší jednofázově.

Odběry lze nahradit:

- Impedancí nezávislou na napětí (vztažnou na jmenovité napětí)
- Proudem nezávislým na napětí
- Výkony nezávislými na napětí
- Výkony závislými na napětí

Náhrada dle a) se užívá například při stejnosměrném modelu, náhrada dle b) v sítích nn a vn, náhrada dle c) v sítích vvn a zvn.

Při sestavování základních rovnic lze užít obecných metod analýzy elektrické sítě (např. metoda uzlových napětí, metoda smyčkových proudů). V praxi se nejčastěji používá metoda uzlových napětí pro jednoduchý algoritmus, sestavování uzlové matice.

### Výpočet ustáleného chodu sítě

V těchto sítích jsou zadány dodávky a odběry zdánlivými výkony, tedy pro  $i$ -tý uzel:

$$\hat{S}_i = P_i + jQ_i = \hat{U}_i \cdot \hat{I}_i^* \quad (2.2)$$

V této definici je přiřazeno k činnému dodávanému výkonu znaménko  $+$  a činnému odebíranému výkonu znaménko  $-$ . Pro induktivní zatížení souhlasí znaménko jalového výkonu se znaménkem činného výkonu, pro kapacitní zatížení je opačné.

Z předchozí rovnice určíme proud:

$$\hat{I}_i = \frac{\hat{S}_i^*}{\hat{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{\hat{U}_i^*} \quad (2.3)$$

Nebo po dosazení:

$$\hat{I}_i = \frac{P_i - jQ_i}{\hat{U}_i^*} = \sum_{j=1}^n \hat{Y}_{ij} \cdot \hat{U}_j \quad (2.4)$$

Zde byla provedena volba bilančního uzlu (volba napětí  $U_1$ ) a eliminace bilančního uzlu. V této síti bilanční uzel hradí rozdíly mezi dodávkami a odběry výkonu (ztráty v elektrické síti).

Výpočet neznámých vede k řešení soustavy nelineárních kvadratických rovnic a proto se k řešení používá iteračních metod. Obvykle se řešení provádí pomocí Gaussovy (Gauss-Seidlovy) metody nebo metody Newton-Raphsonovy.

## 2.4 Dimenzování vodičů

Nároky na elektrická vedení jsou často velmi náročná a obsáhlá. Mezi základní požadavky patří vysoká přenosová schopnost, spolehlivost, bezpečnost provozu, hospodárnost, ale také nízké pořizovací a provozní náklady.

Průřez vodičů elektrické vedení musí vyhovovat celé řadě podmínek a mezi základní patří:

- Proudové zatížení vodiče s ohledem na jeho oteplení
- Dovolený úbytek napětí
- Odolnost vůči zkratovým proudům
- Mechanická odolnost
- Hospodárnost provozu
- Bezpečnost provozu (správná funkce elektrických ochran)

U proudového zatížení vodičů musíme vycházet z proudové zatížitelnosti jednotlivých spotřebičů resp. spotřebičů, které mohou být v provozu ve stejném čase. Proto se vychází z instalovaného výkonu spotřebičů a součet výkonů se přepočítává tzv. součinitelem náročnosti neboli soudobostí ( $\beta$ ).

$$P_p = P_i \cdot \beta \quad (2.7)$$

Pro výpočtové proudy pak platí:

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad [A, kW, V] \quad (2.8)$$

$P_p$  – hodnota soudobého příkonu

$U_s$  – hodnota sdruženého napětí sítě

Dimenzování průřezu vodiče na dovolený proud vychází z dovoleného oteplení vodiče. Průchodem elektrického proudu ve vodiči dochází ke ztrátám a tím k vývinu tepla. Teplo, které vznikne je přímo úměrné odporu vodiče a druhé mocnině protékajícího proudu [5].

V ustáleném stavu se musí toto teplo převést povrchem vodiče do okolí. Teplo přenášené do okolí je přímo úměrné teplotnímu rozdílu mezi povrchem vodiče resp. izolace a okolí ( $\Delta \vartheta$ ) a nepřímo úměrné tepelnému odporu  $T$  (který se skládá z více složek) mezi vodičem a vzdálenějším okolím.

Pro tepelné ztráty platí:

$$\Delta P = R \cdot I^2 = \frac{\Delta \vartheta}{T} \quad (2.9)$$

Teplota vodiče nebo jádra kabelu nesmí překročit určitou maximální hodnotu  $\vartheta_m$  která závisí na materiálu izolace, na spojovacím materiálu apod.

Oteplení vodiče tedy nesmí přesáhnout hodnotu  $\Delta\vartheta_m = \vartheta_m - \vartheta_0$ . Hodnota  $\vartheta_0$  je základní teplota okolního vzduchu popř. zeminy. Pro maximální hodnotu proudu, který může být vodičem přenášen (max. proudová zátěž) platí vztah:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\vartheta_m}{R \cdot T}} \quad (2.10)$$

$R$  – elektrický odpor vodiče na jednotku délky [ $\Omega \cdot m^{-1}$ ]

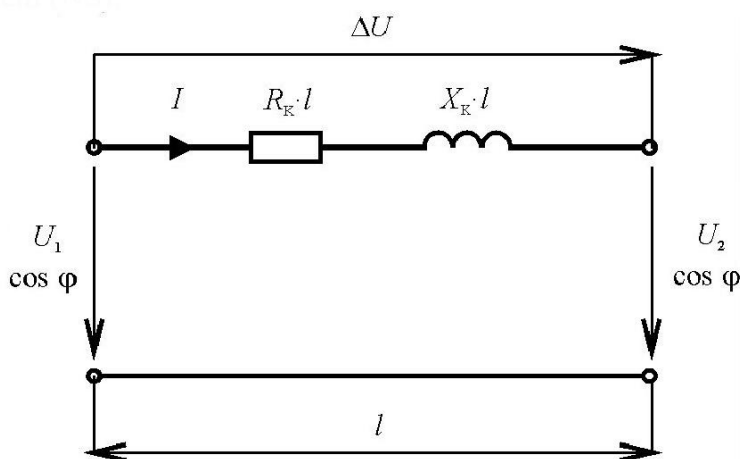
$T$  – tepelný odpor vodiče na jednotku délky mezi vodičem a okolím [ $K \cdot m \cdot W^{-1}$ ]

$\Delta\vartheta_m$  – maximální dovolený teplotní rozdíl jádra vodiče a okolí [K]

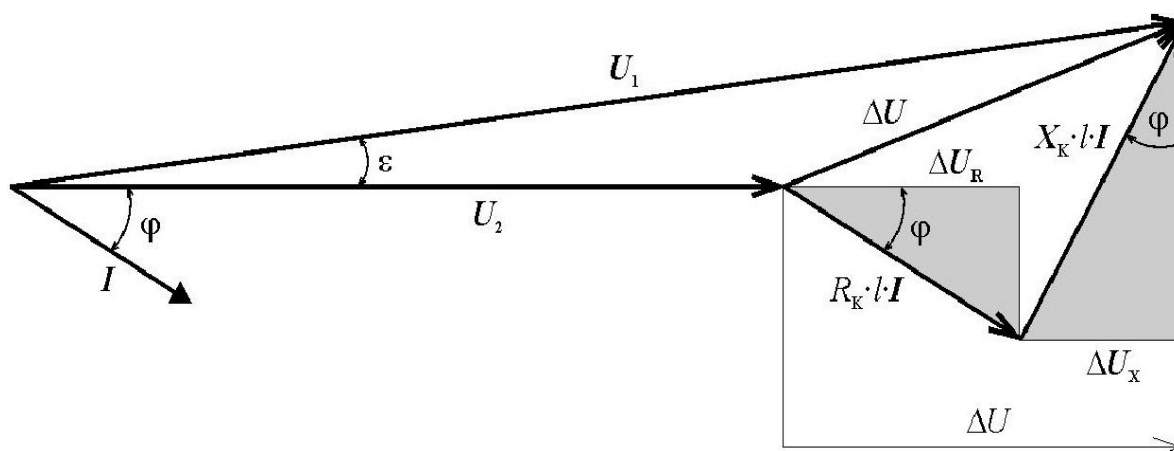
### Dovolený úbytek napětí

Vodiče a kabely se dimenzují tak, aby při předpokládaném zatížení nezpůsobily nedovolený pokles napětí, tedy aby většinou na konci vedení nebyla přesažena dovolená hodnota úbytku napětí. Hodnota úbytku je rovna rozdílu hodnoty napětí na začátku vedení a hodnoty na konci vedení  $\Delta U = U_1 - U_2$  (viz. obr. 8 - fázorový diagram)

Výpočet úbytku je možno provést při znalosti výpočtových proudů daných spotřebičů a příslušné konfigurace sítě. Pro tento výpočet je také nutno provést úvahu o respektování jednotlivých parametrů vedení (viz. kapitola 1.2)



Obr. 7 – Náhradní schéma úbytku napětí



Obr. 8 – Fázorový diagram úbytku napětí

## **Odolnost vůči zkratovým proudům**

Vedení musí odolat jak dynamickým tak tepelným účinkům zkratových proudů, které v daném místě připadají v úvahu.

**Dynamické síly** vznikají elektromagnetickým působením proudů v sousedních vodičích. Největší silový ráz způsobí nárazový zkratový proud, který je v podstatě první amplitudou zkratového proudu po vzniku zkratu za předpokladu maximální stejnosměrné složky.

Síla mezi vodiči vztažená na jeden metr délky vodiče je dána vztahem:

$$F_K = k_1 \cdot k_2 \cdot 2 \cdot \frac{I_{KM}^2}{a} \cdot 10^{-7} \quad [N \cdot m^{-1}] \quad (2.11)$$

$k_1$  – koeficient tvaru vodiče (respektuje rozložení proudů)

$k_2$  – koeficient respektující uspořádání vodičů a fázový posuv proudů

$I_{KM}$  – nárazový zkratový proud [A]

$A$  – vzdálenost vodičů [m]

**Tepelné účinky zkratového proudu** mohou působit nepříznivě hlavně na izolaci vodičů. Zkratový proud způsobí velké oteplení, během krátké doby trvání zkratu nemůže být toto teplo odvedeno do okolí, a proto se zvyšuje teplota vodičů.

Tepelné účinky zkratového proudu se posuzují podle tzv. ekvivalentního oteplovacího proudu ( $I_{KE}$ ), což je fiktivní hodnota střídavého proudu stálé velikosti, která za dobu působení zkratu má stejné tepelné účinky jako skutečný zkratový proud.

Pro minimální průřez kabelu platí s ohledem na tepelné účinky zkratového proudu vztah:

$$S_{MIN} = \frac{I_{KE} \cdot \sqrt{t_k}}{K} \quad [mm^2] \quad (2.12)$$

$I_{KE}$  – ekvivalentní oteplovací proud [A]

$t_k$  – doba trvání zkratu [s]

$K$  – koeficient, který respektuje teplotu jádra kabelu před a po zkratu

Velikost zkratového proudu v elektrických rozvodech může být významně ovlivněna jištěním, které může při své správné funkci přerušit zkratový proud dříve, než dosáhne svého maxima.

## **Mechanická odolnost**

Vedení jsou většinou mechanicky namáhána při montáži, ale taky při samostatném provozu. Zejména potom venkovní vedení. Kontrolní výpočet mechaniky vedení se většinou provádí u napěťových hladin vn a vvn. Tam se počítá minimální průřez vodiče s ohledem na jeho hmotnost a povětrnostní vlivy (vítr, námraza apod.) Dále se provádí mechanické výpočty stožárů a jejich základů.

V oblasti průmyslových sítí je mechanická odolnost zohledňována stanovením minimálních průřezů pro jednotlivé druhy vodičů a jejich uložení. Hodnoty těchto minimálních průřezů jsou stanoveny v příslušných normách [8].

## **Hospodárnost průřezu**

Snahou při kvalitním návrhu vodičů je takové dimenzování vodičů, aby byly zatěžovány hospodárným proudem. Tedy takové zatížení, kde pořizovací náklady i náklady na provoz a údržbu jsou optimální.

Samotné definování jednotlivých činitelů této optimalizace je dosti složité. Činitele můžeme rozdělit na technické a ekonomické. Technické činitele můžeme určit měřením nebo výpočtem, ekonomické činitele mají návaznost na ceny materiálů, energie apod.

Výpočet hospodárného průřezu je možno například vypočítat s použitím následujících činitelů:

A – energie přenesená vedením za rok [kWh]

t – počet provozních hodin připojeného zařízení za rok [hod]

$P_p$  – přenášený výpočtový výkon [kW]

Z těchto hodnot se vypočte tzv. doba plných ztrát (**T**). Doba plných ztrát je definována jako čas za který by maximální výpočtové zatížení způsobilo stejné ztráty jako skutečné zatížení za jeden rok. Pro tento výpočet platí následující vztah:

$$T = t \cdot \left[ 0,2 \cdot \frac{A}{P_p \cdot t} + 0,8 \cdot \left( \frac{A}{P_p \cdot t} \right)^2 \right] \quad [\text{hod} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (2.13)$$

Pokud je doba plných ztrát vyšší než asi 100 hodin ročně a je předpoklad, že zařízení bude v činnosti aspoň 10 let určí se z grafu v normě (ČSN341610) specifická hospodárná hustota proudu.

**Bezpečnost provozu**

Kritérium bezpečnosti provozu je hlavním kritériem pro dimenzování vodičů, aby provozem elektrického zařízení nedošlo k ohrožení nebo škodě na zdraví osob, zvířat a majetku. Jedná se o správné působení ochrany před nebezpečným dotykem (dle ČSN 332000-4-41)

Impedance poruchové smyčky musí splňovat vztah:

$$Z_s \leq \frac{U_s}{I_A} \quad [\Omega, V, A] \quad (2.14)$$

$Z_s$  – impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, fázový vodič až k místu poruchy a ochranný vodič mezi místem poruchy a zdrojem  $[\Omega]$

$I_A$  – proud zajišťující samočinné odpojení od živých částí v době stanovené normou  $[A]$

$U_0$  – jmenovité napětí sítě proti zemi (fázové napětí)  $[V]$

Při ochraně samočinným odpojením od zdroje je nutno průřez vedení dimenzovat tak, aby impedance poruchové smyčky nepřesáhla hodnotu dle vztahu (2.14)

### **3 TEORIE ZKRATOVÝCH A SPOLEHLIVOSTNÍCH VÝPOČTŮ**

#### **3.1 Spolehlivost v elektroenergetice a její problematika**

Spolehlivost můžeme definovat (jak je uvedeno v ČSN 010102) jako obecnou vlastnost objektu nebo zařízení spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek.

Jiná definice hovoří o spolehlivosti jako o pravděpodobnosti, že činnost zařízení bude během určité doby a v daných provozních podmínkách přiměřená účelu zařízení.

Kladené požadavky na spolehlivost elektroenergetické soustavy jsou v současné době jedním z nejdůležitějších úkolů pro provoz ES. Dle zákona č.458/200 Sb. a prováděcích vyhlášek se distributoři v ČR snaží z důvodu penalizací o maximální omezení stavu bezproudí a nedodávek.

#### **Číselná vyjádření spolehlivosti**

Vyjádření spolehlivosti v číselné podobě může být hodně různorodé podle toho, z jakých vstupních údajů se vychází a jaké metodiky výpočtů se použije.

Nejběžnějším vyjádření spolehlivosti jsou:

- ⇒ Intenzita poruchy  $\lambda$  [rok<sup>-1</sup>]
- ⇒ Střední doba trvání poruchy  $\tau$  [h]
- ⇒ Pravděpodobnost bezporuchového chodu  $P$  [-]
- ⇒ Pravděpodobnost poruchy  $Q$  [-]
- ⇒ Střední doba mezi poruchami  $t_s$  [h]

#### **Výpočet spolehlivosti**

Převážná většina výpočtů spolehlivosti probíhá tak, že ze znalosti spolehlivosti jednotlivých prvků systému je proveden výpočet celkové spolehlivosti systému. Z toho důvodu mají výpočty dvě základní fáze. První se věnuje získání vstupních spolehlivostních údajů, druhá fáze spočívá v samostatných výpočtech spolehlivosti. Případné další fáze mohou být zhodnocením výsledků, nebo stanovením případných opatření pro zvýšení spolehlivosti.

Metody pro získání vstupních dat jsou rozdílné, vycházejí z druhu zkoumaného objektu a také se podle způsobu získávání vstupních dat pro výpočet dělí do dvou základních skupin:

Empirická spolehlivost – vstupní údaje pro výpočet spolehlivosti jsou získány z údajů o činnosti daného zařízení, nebo podobného zařízení, které pracuje v obdobných podmínkách

Apriorní spolehlivost – vstupní údaje jsou určeny předem a ze znalostí možných stavů vstupního objektu se vyjádří pravděpodobnost bezporuchového chodu.



## **Základní metody výpočtu**

Pro řešení spolehlivosti systémů existuje celá řada metod, které většinou řeší spolehlivost systému při známé spolehlivosti prvků systému. Výsledná spolehlivost je řešena v ustáleném stavu (nezávisle na čase) nebo jako časová funkce. Systém je ve spolehlivosti definován jako souhrn vzájemně vázaných prvků. Prvkem může být součást, skupina součástí, celé zařízení nebo soubor zařízení. Rozkladem soustavy na prvky lze systém popsat blokovým schématem. Prvky se obvykle uvažují jako dvoustavové, mohou se tedy vyskytovat buď v provozu schopném, nebo ve výpadku. Přejít mezi oběma stavy většinou zjednodušeně považujeme za okamžitý. V blokovém schématu se uvažuje vzájemná nezávislost prvků. Tento předpoklad v praxi vždy neplatí, proto je někdy nutné blokové schéma doplnit o prvky, které existující vzájemné ovlivňování prvků simulují.

Ze zkušeností výpočtu spolehlivosti je možné konstatovat následující:

- ⇒ Při určení metody spolehlivosti je nutno vycházet z toho, jaký systém je řešen, jaké jsou k dispozici vstupní hodnoty spolehlivosti a v jakém tvaru je požadován výsledek.
- ⇒ Je důležité, chceme-li hodnoty ustálené spolehlivosti nebo hodnoty spolehlivosti závislé na čase.
- ⇒ Základní metody výpočtu spolehlivosti, které byly odzkoušeny na VŠB – TU Ostrava na katedře Elektroenergetiky jsou:
  - Metoda spolehlivostních schémat
  - Markovovy procesy
  - Simulační Metody

### **3.1.1 Metodika výpočtu spolehlivosti dle směrnice ČEZ 22/80**

Tato metodika je vlastně aplikací základní metodiky spolehlivostních schémat, která je důsledně aplikována na elektroenergetické systémy. Oproti klasické metodice spolehlivostních schémat má tato metodika následující výhody [6]:

- Uvažuje údržbové přístroje
- Umožňuje do výpočtu zahrnout i manipulace, uvažuje tedy i tzv. studenými rezervami

Nevýhodou je, že tato metodika nezahrnuje tzv. koordinaci údržby.

Při výpočtu se uvažují tyto provozní stavy zařízení:

- Provoz
- Poruchový prostoj
- Údržbový prostoj

Předpoklady a zjednodušení, která tato metodika využívá, jsou:

- Neuvažuje vliv počasí na intenzitu porucha oprav
- Uvažuje se exponenciální rozdělení distribuční funkce dob poruch a oprav pro všechny prvky elektrické sítě
- Vychází se z průměrných údajů

Metodika umožňuje výpočet spolehlivosti prakticky všech druhů elektrických sítí. Základem výpočtové metody spolehlivosti je řešení dílčích spolehlivostních zapojení dvou prvků

Definována jsou tři zapojení:

- Sériové zapojení
- Paralelní zapojení (horká rezerva)
- Paralelní zapojení s manipulací (studená rezerva)

Při výpočtech spolehlivosti nazýváme sériovým spojením takové spojení elementů, při kterém porucha jediného elementu způsobí poruchu celého systému. Sériové spojení v uvedeném smyslu nesouhlasí vždy s fyzicky realizovaným spojením elementů.

Dále se předpokládá, že poruchy elementů jsou nezávislé, tj. že porucha libovolné skupiny elementů nemá vliv na pravděpodobnostní charakteristiky ostatních elementů. Element je zde chápán jako samostatný díl sériového spojení. Tento může být tvořen různým spojením jednodušších dílů.

Paralelní zapojení prvků (horká rezerva) je vlastně klasické paralelní zapojení dvou prvků. V případě poruchy jednoho prvku, ihned přebírá funkci prvek druhý.

Při paralelním zapojení prvků (studená rezerva), je předpoklad, že poruchy elementů se projeví okamžitě po jejich vzniku. Přitom se počítá s tím, že přepínač je absolutně spolehlivý a že indikace poruchy je věrohodná. Kromě toho se předpokládá, že během přepnutí na zálohu nebudou vznikat žádné přechodové jevy narušující správnou funkci systému. Při tomto druhu zapojení musí být do výpočtu zahrnut manipulační čas. Vychází se z úvahy, že je v provozu prvek 1 a při poruše se po manipulaci uvede do provozu prvek 2 a toto zapojení opět plní svou funkci.

## 3.2 Teorie výpočtů zkratů

Elektrické zařízení musí být voleno tak, aby při působení zkratových proudů (resp. jejich účinků), které se mohou v elektrickém zařízení vyskytnout, nebylo překročeno dovolené mechanické a tepelné namáhání, které by zařízení poškodilo.

### 3.2.1 Základní pojmy a definice

- **Zkrat** je náhodné nebo úmyslné spojení přes zanedbatelný odpor nebo impedanci dvou nebo více bodů obvodu, které mají při normálním provozu různá napětí resp. elektrických potenciálů.
- **Zkratový proud** je nadproud při zkratu, který je důsledkem poruchy, nebo nesprávného zapojení v elektrickém obvodu (elektrizační soustavě). Tento proud teče místem zkratu po dobu trvání zkratu.
- **Doba trvání zkratu  $T_k$**  je doba od okamžiku vzniku zkratu až do jeho konečného vypnutí ve všech fázích postižených zkratem
- **Předpokládaný zkratový proud** je hodnota proudu který by protékal obvodem, když je zkrat nahrazen ideálním spojením se zanedbatelnou impedancí beze změny napájení. V případě trojfázového zkratu se předpokládá, že zkrat vzniká ve všech fázích současně.
- **Souměrný zkratový proud** je efektivní hodnota střídavé souměrné složky předpokládaného zkratového proudu se zanedbanou případnou aperiodickou složkou proudu.
- **Počáteční souměrný rázový zkratový proud -  $I_k''$**  je efektivní hodnota střídavé souměrné složky předpokládaného zkratového proudu v okamžiku vzniku zkratu při konstantní impedanci.

- **Nárazový zkratový proud  $i_p$**  je nejvyšší možná vrcholová hodnota předpokládaného zkratového proudu.
- **Počáteční souměrný rázový výkon  $S_k''$**  je pomyslná hodnota součinu počátečního pomyslného zkratového proudu  $I_k''$ , jmenovitého napětí  $U_n$  a součinitele  $\sqrt{3}$

$$S_k'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_k'' \quad (3.1)$$

- **Stejnoseměrná (aperiodická) složka zkratového proudu  $i_{dc}$**  je střední hodnota horním a dolní obalové křivky průběhu zkratového proudu klesající ze své počáteční hodnoty k nule. Vzniká pouze tehdy, když zkrat nastane při průchodu napětí nulovou hodnotou.
- **Souměrný zkratový vypínací proud  $I_b$**  je efektivní hodnota úplné periody souměrné složky předpokládaného zkratového proudu v okamžiku oddělení kontaktů prvního pólu spínacího zařízení.
- **Ustálený zkratový proud  $I_k$**  je efektivní hodnota zkratového proudu, který zůstává po odeznění všech přechodných jevů.
- **Napětí ekvivalentního zdroje** je napětí ideálního zdroje přiložené v místě zkratu v sousledné složkové soustavě pro výpočet zkratového proudu, což je jediné aktivní napětí sítě.

$$c \cdot U_n / \sqrt{3} \quad (3.2)$$

- **Napěťový součinitel  $c$**  je poměr mezi napětím ekvivalentního napěťového zdroje a jmenovitým napětím sítě děleným  $\sqrt{3}$ . Hodnoty pro vedení 110kV jsou  $c_{\max}=1,10$  a  $c_{\min}=1$ .
- **Sousledná zkratová impedance  $\underline{Z}_{(1)}$**  trojfázové střídavé soustavy je impedance sousledné složkové soustavy viděná z místa zkratu.
- **Zpětná zkratová impedance  $\underline{Z}_{(2)}$**  trojfázové střídavé soustavy je impedance zpětné složkové soustavy viděná z místa zkratu.
- **Netočivá zkratová impedance  $\underline{Z}_{(0)}$**  trojfázové střídavé soustavy je impedance netočivé složkové soustavy viděná z místa zkratu a zahrnuje trojnásobek impedance  $\underline{Z}_N$  mezi uzlem transformátoru a zemí.
- **Sousledná zkratová impedance  $\underline{Z}_{(1)}$  elektrického zařízení** je poměr fázového napětí a zkratového proudu příslušné fáze elektrického zařízení při napájení ze souměrné sousledné složkové soustavy napětí.
- **Zpětná zkratová impedance  $\underline{Z}_{(2)}$  elektrického zařízení** je poměr fázového napětí a zkratového proudu příslušné fáze elektrického zařízení při napájení ze souměrné zpětné složkové soustavy napětí.
- **Netočivá zkratová impedance  $\underline{Z}_{(0)}$  elektrického zařízení** je poměr napětí proti zemi a zkratového proudu jedné fáze elektrického zařízení při napájení ze střídavého napěťového zdroje, přičemž tři paralelní fázové vodiče, jsou použity pro proud vycházející se zdroje a zem tvoří zpětné vedení.

### Dimenzování elektrického zařízení z hlediska zkratové odolnosti

Elektrická zařízení je nutno volit, konstruovat a dimenzovat tak, aby bezpečně odolala dynamickým a tepelným účinkům zkratového proudu. Jejich odolnost je charakterizována:

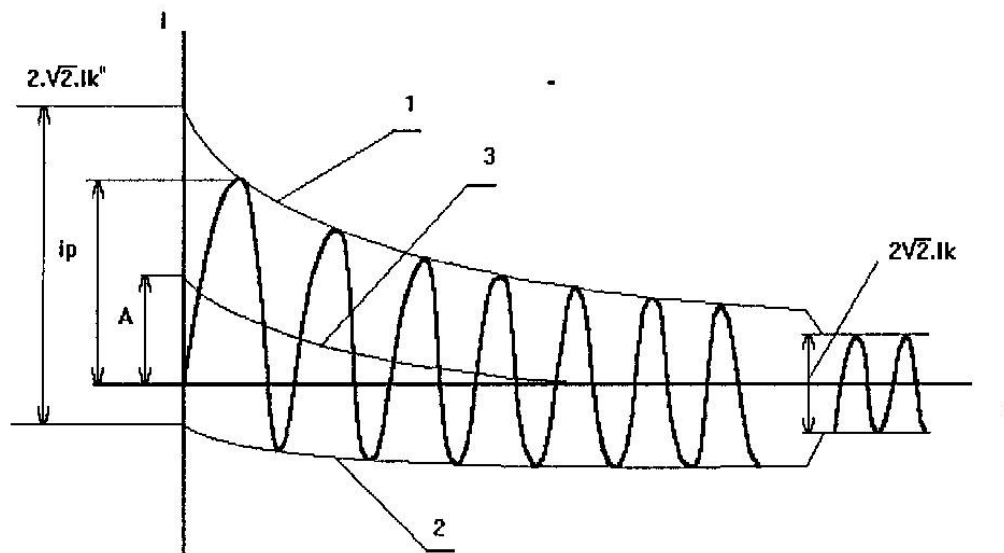
Dynamickým proudem  $I_d$ , který udává, jak velký proudový náraz zařízení při zkratu bez poškození snesou.

Krátkodobý proud  $I_t$ , který udává jak velkým proudem je možné zařízení po určitou dobu (1 nebo 2 s) zatížit, aniž by došlo k poškození nadměrným oteplením.

U vypínačů je rozhodující jejich vypínací proud  $I_{vyp}$ , udávající maximální hodnotu zkratového proudu, který vypínač bezpečně vypne.

### Výpočet zkratových poměrů

Nastane-li v síti zkrat, je to pro generátor náhlá změna zatížení, jež je doprovázena přechodným dějem a v bezprostřední blízkosti generátoru klesne svorkové napětí téměř na nulu. Celkový výpočet zkratových proudů určuje proudy jako funkce času v místě zkratu až do jeho konce. Zkratové proudy odpovídají okamžité hodnotě napětí na počátku zkratu (obr. 9).



**Obr. 9 – Průběh zkratového proudu**

Kde:

$I_k''$  je počáteční rázový zkratový proud

$I_p$  nárazový zkratový proud

$I_k$  ustálený zkratový proud

$A$  počáteční hodnota stejnosměrné složky

1 horní obalová křivka

2 dolní obalová křivka

3 zanikající stejnosměrná složka

***Předpoklady výpočtu zkratových poměrů:***

Výpočet maximálních a minimálních zkratových proudů vychází z následujících zjednodušení:

- ⇒ Po dobu trvání zkratového proudu se nemění typ zkratu
- ⇒ Po dobu zkratu nedochází k žádné změně v síti
- ⇒ Uvažují se impedance transformátorů pro přepínače odboček v základní poloze. To je přípustné, protože je zaveden korekční součinitel pro impedance  $K_T$  pro síťové transformátory.
- ⇒ Odporů bloku se neuvažují
- ⇒ Všechny kapacity vedení, paralelní admitance a netočivé statické zátěže jsou zanedbány, vyjma paralelních admitancí v netočivé soustavě.

Výpočty zajišťují dostatečnou přesnost výsledků, i když tyto předpoklady pro uvažované elektrické soustavy neodpovídají zcela přesně dané skutečnosti.

Pokud se počítají zkratové proudy v soustavách s rozdílnými hladinami napětí, je nutné přepočítat hodnoty impedancí z jedné napěťové hladiny na jinou, obvykle na tu hladinu, ve které se má určit zkratový proud.

***Metody výpočtu***

- a) Ekvivalentní napěťový zdroj v místě zkratu, je metoda založena na zavedení ekvivalentního napěťového zdroje v místě zkratu, což je jediný aktivní zdroj napětí soustavy. Všechny síťové napáječe, synchronní a asynchronní stroje jsou nahrazeny svou vnitřní impedancí.
- b) Použití souměrných složek, se zakládá na výpočtu hodnot proudů v trojfázových střídavých soustavách s použitím zjednodušení souměrných složek. Předpokládá se přitom, že elektrické zařízení má symetrickou strukturu.

Při použití této metody se zjistí proudy v každé fázi superponováním proudů tří souměrných složkových soustav:

- Proud sousledné složkové soustavy  $I_{(1)}$
- Proud zpětné složkové soustavy  $I_{(2)}$
- Proud netočivé složkové soustavy  $I_{(0)}$

**Postup při výpočtu zkratových poměrů**

Při výpočtu zkratových proudů je nutno dodržet následující postup:

- a) Stanovit impedance (reaktance, činné odpory) jednotlivých prvků zkratového obvodu
- b) Sestavit náhradní schéma, postupně zjednodušit, určit výslednou impedanci zkratového obvodu
- c) Výpočet zkratového proudu

Pro výpočet zkratových proudů využíváme buď metody výpočtu hodnot v poměrných jednotkách, nebo pomocí skutečných hodnot prvků udaných v Ohmech. Tento výpočet vychází přímo z Ohmova zákona, kde impedance, reaktance atd. se uvažují v Ohmech. Hodnoty prvků musíme přepočítat na hladinu zkratu.

Pro jednotlivé prvky platí tyto zásady:

- Při výpočtu se předpokládá, že parametry prvků el. soustavy se během zkratů nemění
- Soustava před zkratem se předpokládá symetrická
- Předpokládá se, že zkraty vznikají v jednom místě a současně
- Neuvažuje s vlivem el. oblouku na velikost zkratového proudu
- Zdrojem zkratového proudu jsou:
  - Synchronní motory, alternátory
  - Asynchronní motory
  - Nadřazené sítě zahrnující synchronní stroje elektricky vzdálené od místa zkratu

### **Vzorce pro výpočet sousledných parametrů prvků v poměrných hodnotách**

Při výpočtu v poměrných hodnotách volíme vhodně vztažný výkon  $S_V$ . Vztažné napětí  $U_V$  je napětí v místě zkratu.

Soustava

$$z_{(1)} = \frac{c \cdot I_V}{I_k''} = \frac{c \cdot S_V}{S_k} \quad (-; -, kA, kA, MVA, MVA) \quad (3.3)$$

Alternátor

$$x_{(1)} = \frac{x_d'' \cdot S_V}{100 \cdot S_{nG}} \quad (-; \%, MVA, MVA) \quad (3.4)$$

Reaktor

$$x_{(1)} = \frac{u_k \cdot S_V}{100 \cdot S_R} \quad (-; \%, MVA, MVA) \quad (3.5)$$

Transformátor dvouviťový

$$z_{(1)} = \frac{u_k \cdot S_V}{100 \cdot S_{nT}} \quad (-; \%, MVA, MVA) \quad (3.6)$$

Vedení

$$x_{(1)} = X_k \cdot l \cdot \frac{S_V}{U_S^2} \quad (-; \Omega \cdot km^{-1}, km, MVA, kV) \quad (3.7)$$

$$r_{(1)} = R_k \cdot l \cdot \frac{S_V}{U_S^2} \quad (-; \Omega \cdot km^{-1}, km, MVA, kV) \quad (3.8)$$

Asynchronní motor

$$x_{(1)} = \frac{S_V}{i_z \cdot S_{nM}} \quad (-; MVA, -, MVA) \quad (3.9)$$

Vliv asynchronních motorů lze zanedbat v sítích nn, nebo pokud jsou od místa zkratu odděleny dvojí transformací.

Třívlnutový transformátor

$$\begin{aligned}
 x_{A(1)} &= \frac{1}{2} \cdot (u_{AB} + u_{AC} - u_{BC}) \cdot \frac{S_V}{100 \cdot S_{nT}} \\
 x_{A(1)} &= \frac{1}{2} \cdot (u_{AB} + u_{BC} - u_{AC}) \cdot \frac{S_V}{100 \cdot S_{nT}} \quad (-; \%, MVA, MVA) \\
 x_{A(1)} &= \frac{1}{2} \cdot (u_{AC} + u_{BC} - u_{AB}) \cdot \frac{S_V}{100 \cdot S_{nT}}
 \end{aligned} \quad (3.10)$$

### **Výpočet zkratových proudů v poměrných hodnotách**

Počáteční rázový zkratový proud  $I_{k3}''$  při trojfázovém zkratu (3.11)

$$I_{k3}'' = \frac{c \cdot I_V}{|\bar{z}_{(1)}|} \quad (kA; -, kA, -)$$

Počáteční rázový zkratový proud  $I_{k2}''$  při dvoufázovém zkratu (3.12)

$$I_{k2}'' = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot I_V}{|\bar{z}_{(1)} + \bar{z}_{(2)}|} \quad (kA; -, kA, -)$$

Počáteční rázový zkratový proud  $I_{k1}''$  při jednofázovém zkratu (3.13)

$$I_{k1}'' = \frac{c \cdot 3 \cdot I_V}{|\bar{z}_{(1)} + \bar{z}_{(2)} + \bar{z}_{(0)}|} \quad (kA; -, kA, -)$$

Pro vztažený proud platí vztah

$$I_v = \frac{S_v}{\sqrt{3} \cdot U_v} \quad (kA; MVA, kV) \quad (3.14)$$

### **Vzorce pro výpočet sousledných parametrů prvků ve skutečných hodnotách v $\Omega$**

Soustava

$$Z_{(1)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_k} = \frac{c \cdot U_n^2}{S_k} \quad (\Omega; -, kV, kA, MVA) \quad (3.15)$$

Alternátor

$$X_{(1)} = \frac{x_d \cdot U_{nG}^2}{100 \cdot S_{nG}} \quad (\Omega; \%, kV, MVA) \quad (3.16)$$

Reaktor

$$X_{(1)} = \frac{10 \cdot u_R \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_n} \quad (\Omega; \%, kV, A) \quad (3.17)$$

Transformátor dvouvlínutový

$$Z_{(1)} = \frac{u_k \cdot U_{nT}^2}{100 \cdot S_{nT}} \quad (\Omega; \%, kV, MVA) \quad (3.18)$$

Vedení

$$X_{(1)} = X_k \cdot l \quad (\Omega; \Omega \cdot km^{-1}, km) \quad (3.19)$$

$$R_{(1)} = R_k \cdot l \quad (\Omega; \Omega \cdot km^{-1}, km) \quad (3.20)$$

Asynchronní motor

$$X_{(1)} = \frac{U_{nM}^2}{i_z \cdot S_{nM}} \quad (\Omega; kV, -, MVA) \quad (3.21)$$

Parametry jednotlivých prvků musíme přepočítat na napěťovou hladinu v místě zkratu

$$Z_2 = Z_1 \cdot \left( \frac{U_2}{U_1} \right)^2 \quad (\Omega; \Omega, kV, kV) \quad (3.22)$$

Z2 – impedance přepočtena na napěťovou hladinu U2 vmístě zkratu

Z1 – impedance na napěťové hladině U1

### **Výpočet zkratových proudů ve fyzikálních jednotkách**

Počáteční rázový zkratový proud  $I_{k3}''$  při trojfázovém zkratu

$$I_{k3}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |\bar{z}_{(1)}|} \quad (kA; -, kV, \Omega) \quad (3.23)$$

Počáteční rázový zkratový proud  $I_{k2}''$  při dvoufázovém zkratu

$$I_{k2}'' = \frac{c \cdot U_n}{|\bar{z}_{(1)} + \bar{z}_{(2)}|} \quad (kA; -, kV, \Omega) \quad (3.24)$$

Počáteční rázový zkratový proud  $I_{k1}''$  při jednofázovém zkratu

$$I_{k1}'' = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{|\bar{z}_{(1)} + \bar{z}_{(2)} + \bar{z}_{(0)}|} \quad (kA; -, kV, \Omega) \quad (3.25)$$

c - napěťový činitel

$U_n$  – jmenovité sdružené napětí vedení v místě zkratu

$Z_{(1)}$  – výsledná sousledná impedance zkratového obvodu

$Z_{(2)}$  – výsledná zpětná impedance zkratového obvodu

$Z_{(0)}$  – výsledná nulová (netočivá) impedance zkratového obvodu



**Výpočet nulových (netočivých) parametrů prvků**

Soustava

$$X_{(0)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}} \cdot \left( \frac{3}{I_{k1}''} - \frac{2}{I_{k3}''} \right) \quad (\Omega, -, kV; kA, kA) \quad (3.26)$$

Alternátor

 $X_{(0)}$  udává výrobce

Reaktor

$$X_{(0)} = X_{(1)}$$

Transformátor

$$X_{(0)} = 0,85 \cdot X_{(1)} \quad \text{pro jádrové transformátory}$$

$$X_{(0)} = X_{(1)} \quad \text{pro plášťláš transformátory}$$

Vedení

$$X_{(0)} = (2 \div 5,8) \cdot X_{(1)} \quad \text{podle napětí druhu vedení}$$

**3.3 Ztráty v rozvodu elektrické energie**

Tento údaj je také velmi důležitým ukazatelem hospodárnosti provozu elektrického zařízení. Činné ztráty způsobují oteplení vodiče. Výkonové ztráty je možno se znalostí základů elektrotechniky vyjádřit jako:

$$\Delta \bar{S} = 3 \cdot \Delta \bar{U}_F \cdot \bar{I}^* = 3 \cdot \bar{Z} \cdot \bar{I} \cdot \bar{I}^* = 3 \cdot \bar{Z} \cdot I^2 = 3 \cdot (R + jX) \cdot I^2 \quad (3.27)$$

Komplexní část lze dále rozdělit na reálnou a imaginární část (jalové ztráty)

$$\Delta \bar{S} = 3 \cdot R I^2 + j3 \cdot X I^2 = \Delta P + j\Delta Q \quad (3.28)$$

Pro činné ztráty potom platí

$$\Delta P = 3 \cdot R I^2 = 3 \cdot R (I_{\varepsilon}^2 + I_j^2) \quad (3.29)$$

Z výše uvedeného potom vyplývá, že činné ztráty způsobuje i jalová složka proudu i když nekoná činnou práci. Pod pojmem elektrické ztráty se většinou rozumí ztráty činné ( $\Delta P$ ), u prvků s velkou indukčností se vyjadřují jak činné tak i jalové ( $\Delta Q$ ) ztráty.

Ztráty lze rozdělit na:

- **obchodní**
- **technické**, které se dále dělí:
  - naprázdno (nezávisí na zatížení)
  - nakrátko (závisí na zatížení)
  - ve vedeních
  - v transformátorech

Obchodní ztráty mohou být vykazovány z důvodu nepřesného měření, neměřených nebo neoprávněných odběrů apod. Tyto ztráty ale nesouvisí s fyzikální postatou elektrických ztrát.

Technické ztráty jsou skutečné ztráty v rozvodu elektrické energie, které se mění na teplo.

**Možnosti snižování ztrát** vychází ze základního vzorce pro výpočet ztrát. Je možno snížit buď odpor vedení, nebo proudové zatížení. Protože proud se v tomto vztahu vyskytuje ve čtverci dojde ke snížení ztrát i zrovnoměrněním zátěže. Možnosti snížení ztrát, lze rozdělit do dvou skupin:

- 1) Bez nároků na investice
  - Zmenšením špičkového zatížení
  - Účelné rozdělení zatížení mezi jednotlivé napájecí body
  - Hospodárné zatěžování skupin transformátorů
  - Zmenšení nesouměrnosti zatížení
  - Hospodárné zatížení vodičů
  - Regulace napětí
- 2) S investičními nároky
  - Kompenzace účinníku
  - Přejed na vyšší hladinu napětí
  - Zvětšení průřezu vodičů
  - Výměně zařízení se špatnou účinností
  - Vhodné propojení sítě

Zjišťování ztrát můžeme v podstatě provádět dvěma způsoby:

- Výpočtem
- Měřením

Vztahy pro výpočet jsou uvedeny výše v této kapitole. Měření ztrát je velmi složité. Zjednodušeně se dá říci, že ztráty se dají měřit odečtem elektroměrů u výroby a spotřeby, ale u takového měření nastává celá řada problémů, které způsobuje jejich zkreslení (např. nesoučasnost měření).

## **4 LEGISLATIVNÍ RÁMEC - PODMÍNKY PŘIPOJENÍ ZDROJE**

### **4.1 Výběr podmínek daných zákony a vyhláškami**

Pro připojení zdroje o výkonu 70 MW je potřeba splnit řadu legislativních podmínek, které určují zákony a vyhlášky ČR nebo pravidla společností provozující přenosové a distribuční soustavy tzv. kodexy.

#### **4.1.1 Zákon 458/2000 Sb.**

o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích

**§ 1** - Předmětem úpravy jsou v souladu s právem Evropských společenství 1) podmínky podnikání, výkon státní správy a nediskriminační regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

**§ 3** - Předmětem podnikání v energetických odvětvích je výroba elektřiny, přenos elektřiny, distribuce elektřiny a obchod s elektřinou jako i činnosti operátora trhu s elektřinou.

Přenos elektřiny, distribuce elektřiny se uskutečňují ve veřejném zájmu.

Podnikat v energetických odvětvích na území České republiky mohou za podmínek stanovených tímto zákonem fyzické či právnické osoby pouze na základě státního souhlasu, kterým je licence udělená Energetickým regulačním úřadem.

**§ 22** - Účastníky trhu s elektřinou jsou **a)** výrobci, **b)** provozovatel přenosové soustavy, **c)** provozovatelé distribučních soustav, **d)** operátor trhu, **e)** obchodníci s elektřinou, **f)** koneční zákazníci.

Účastníci trhu s elektřinou s právem regulovaného přístupu k přenosové soustavě a distribuční soustavě **a)** nesou odpovědnost za odchylku a jsou subjekty zúčtování odchylek, nebo **b)** mohou přenášet na základě smlouvy odpovědnost za odchylku na jiný subjekt zúčtování odchylek.

Způsob vyhodnocování, zúčtování a vypořádání odchylek je společný pro všechny subjekty zúčtování. Podrobnosti o převzetí odpovědnosti za odchylku a o způsobu vyhodnocování, zúčtování a vypořádání odchylek stanoví Pravidla trhu s elektřinou [11].

**§ 23** - Výrobce má právo **a)** připojit své zařízení k elektrizační soustavě, pokud je držitelem licence na výrobu elektřiny a splňuje podmínky připojení k přenosové soustavě nebo k distribučním soustavám stanovené prováděcím právním předpisem a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování příslušné distribuční soustavy (viz. kapitola 4.1.3) **b)** nabízet elektřinu vyrobenou ve vlastní výrobně elektřiny na krátkodobém trhu s elektřinou organizovaném operátorem trhu, **c)** dodávat elektřinu prostřednictvím přenosové soustavy nebo distribuční soustavy v případě, že:

- 1) má uzavřenou smlouvu o dodávce elektřiny a smlouvu o přenosu a distribuci elektřiny nebo o přenosu elektřiny nebo o distribuci elektřiny,
- 2) jde o dodávku elektřiny organizovanou operátorem trhu na krátkodobém trhu s elektřinou, nebo
- 3) je požádán provozovatelem přenosové soustavy nebo příslušným provozovatelem distribuční soustavy o dodávku elektřiny,

**d)** dodávat elektřinu vyrobenou ve vlastní výrobně elektřiny pro vlastní potřebu a pro potřebu ovládaných společností, pokud mu to podmínky provozování přenosové soustavy a distribučních soustav umožňují, **e)** nabízet a poskytovat podpůrné služby k zajištění provozu elektrizační soustavy za podmínek stanovených Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování příslušné distribuční soustavy.

Výrobce je povinen **a)** na své náklady zajistit připojení svého zařízení k přenosové soustavě nebo k distribuční soustavě, **b)** umožnit a uhradit instalaci měřicího zařízení provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli příslušné distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena; druhy měřicích zařízení, způsob jejich instalace, umístění a další podrobnosti měření obsahují Pravidla provozování přenosové soustavy nebo Pravidla provozování příslušné distribuční soustavy, **c)** zpřístupnit měřicí zařízení provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli příslušné distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena, **d)** instalovat u nově budovaných výroben o celkovém instalovaném elektrickém výkonu 30 MW a více a provozovat zařízení pro poskytování podpůrných služeb; podrobnosti o druhu instalovaného zařízení pro poskytování podpůrných služeb obsahují Pravidla provozování přenosové soustavy nebo Pravidla provozování příslušné distribuční soustavy; podrobnosti o způsobu využívání zařízení pro poskytování podpůrných služeb stanoví dispečerský řád elektrizační soustavy (dále jen "dispečerský řád"), který stanoví prováděcí právní předpis, **e)** řídit se pokyny technického dispečinku provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatele příslušné distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena, a to v souladu s dispečerským řádem, **f)** předávat operátorovi trhu technické údaje vyplývající ze smluv o dodávce elektřiny, **g)** poskytovat provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli příslušné distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena, potřebné údaje pro provoz a rozvoj přenosové soustavy nebo distribuční soustavy v souladu s dispečerským řádem a Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování příslušné distribuční soustavy, **h)** dodržovat parametry kvality dodávané elektřiny stanovené Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování distribuční soustavy, **i)** podílet se na úhradě oprávněných nákladů provozovatele přenosové soustavy nebo příslušného provozovatele distribuční soustavy spojených s připojením výrobní elektřiny; podrobnosti výpočtu výše podílu na oprávněných nákladech stanoví, nahrazují slovy "prováděcí právní předpis, **j)** uhradit provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli distribuční soustavy podle pravidel trhu s elektřinou systémové služby odpovídající objemu elektřiny vyrobené ve vlastní výrobně a spotřebované konečným zákazníkem bez použití energetického zařízení jiného držitele licence, **k)** informovat účastníky trhu s elektřinou způsobem umožňujícím dálkový přístup:

- 1) podílu zdrojů elektřiny použitých pro výrobu elektřiny v uplynulém roce,
- 2) množství emisí CO<sub>2</sub> a o množství radioaktivního odpadu vyprodukovaného při výrobě elektřiny v uplynulém roce,

**l)** za účelem zajištění bezpečnosti a spolehlivosti provozu elektrizační soustavy, pro případy předcházení a řešení stavu nouze a za podmínek stanovených Pravidly provozování přenosové soustavy nebo Pravidly provozování příslušné distribuční soustavy, na pokyn provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatele distribuční soustavy, nabízet provozně a obchodně nevyužité výrobní kapacity, **m)** řídit se pokyny technického dispečinku provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatele příslušné distribuční soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena, při činnostech bezprostředně zamezujících stavu nouze, při stavech nouze a při likvidaci následků stavů nouze.

## § 32 - Kombinovaná výroba elektřiny a tepla a výroba elektřiny z druhotných energetických zdrojů

Za účelem zvýšení efektivního využití kombinované výroby elektřiny a tepla a snižování produkce skleníkových plynů musí výrobce tepelné energie přezkoumat podle zvláštního právního předpisu možnost zavedení kombinované výroby elektřiny a tepla.

Výrobci provozující zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla nebo zařízení na výrobu elektřiny z druhotných energetických zdrojů mají, pokud o to požádají a technické podmínky to umožňují, právo k přednostnímu zajištění dopravy elektřiny přenosovou soustavou a distribučními soustavami, s výjimkou přidělení kapacity mezinárodních přenosových nebo distribučních

propojovacích vedení. Dále mají právo na přednostní připojení svého výrobního zařízení k přenosové nebo distribuční soustavě, pokud o to požádají a pokud splňují podmínky připojení a dopravy elektřiny stanovené prováděcím právním předpisem.

Tato práva se vztahují na elektřiny **a)** vyrobenou v zařízeních využívajících druhotné energetické zdroje v množství odpovídajícím podílu energetického potenciálu druhotných energetických zdrojů vstupujících do výrobního procesu, **b)** vyrobenou v zařízeních kombinované výroby elektřiny a tepla v jednom procesu v množství prokazatelně vázaném na množství tepelné energie dodané do soustav centralizovaného zásobování teplem nebo přímé dodávky fyzickým či právníckým osobám k dalšímu využití a pro technologické účely, s výjimkou vlastní spotřeby energetického zdroje.

Základní podmínkou kombinované výroby elektřiny a tepla je dodávka užitečného tepla k dalšímu využití. Kritériem pro posuzování kombinované výroby elektřiny a tepla je úspora primárního paliva vyplývající z rozdílu mezi celkovou účinností kombinované výroby elektřiny a tepla a referenční hodnotou. Celková účinnost kombinované výroby elektřiny a tepla musí splňovat hodnoty minimální účinnosti užití energie podle zvláštního právního předpisu a zároveň celková účinnost kombinované výroby elektřiny a tepla musí být pro klasifikaci elektřiny jako elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla nejméně o 10 % vyšší než referenční hodnota. Tato podmínka nemusí být splněna u zařízení kombinované výroby elektřiny a tepla do instalovaného výkonu 1 MW.

Množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů eviduje Energetický regulační úřad.

Podrobnosti způsobu určení množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla na základě poměru tepelné energie a elektřiny a určení elektřiny z druhotných energetických zdrojů stanoví ministerstvo prováděcím právním předpisem.

Osvědčení o původu elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla nebo druhotných energetických zdrojů, které je nezbytným předpokladem pro uplatnění elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřiny z druhotných energetických zdrojů na trhu s elektřinou vydává ministerstvo na základě žádosti o vydání osvědčení, která musí obsahovat identifikační údaje žadatele, identifikační údaje výroby, popis a schéma výrobního zařízení a technologického procesu kombinované výroby elektřiny a tepla, nebo výroby elektřiny z druhotných energetických zdrojů, údaje o palivu, dosavadní a předpokládanou celkovou účinnost a referenční hodnotu a metodu stanovení poměru tepelné energie a elektřiny. V případě, že údaje uvedené v žádosti nesouhlasí se skutečností, ministerstvo osvědčení nevydává, nebo bylo-li již vydáno, jeho platnost zruší. Podrobnosti žádosti a vzor žádosti o vydání osvědčení stanoví prováděcí právní předpis.

Obchodníci s elektřinou jsou povinni přednostně nakupovat a dodávat elektřinu, kterou výrobci elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla nebo výrobci elektřiny z druhotných energetických zdrojů nabídli. Podrobnosti ke způsobu určení a obchodování elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů stanoví prováděcí právní předpis.

**§ 33 -** Výstavba výroben elektřiny o celkovém instalovaném elektrickém výkonu 30 MW a více je možná pouze na základě státní autorizace, o jejímž udělení rozhoduje ministerstvo. Za celkový instalovaný elektrický výkon se považuje součet hodnot instalovaných výkonů výrobních jednotek v místě připojení do elektrizační soustavy.

Autorizace na výstavbu výroby elektřiny se uděluje na základě vyhodnocení **a)** využití palivových či jiných zdrojů, **b)** energetické účinnosti výroby elektřiny, **c)** vlivu výroby elektřiny na bezpečný a spolehlivý provoz elektrizační soustavy, **d)** splnění finančních předpokladů k výstavbě výroby elektřiny, **e)** vlivu výroby elektřiny na životní prostředí včetně vlivu na ovzduší, **f)** efektivnosti a hospodárnosti dostupných energetických zdrojů, **g)** ochrany veřejného zdraví a bezpečnosti [11].

**4.1.2 Vyhláška 51/2006 Sb.****o podmínkách připojení k elektrizační soustavě**

**§ 1 -** Jako předmět úpravy tato vyhláška stanoví podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst konečných zákazníků k elektrizační soustavě, způsob výpočtu podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu, podmínky dodávek elektřiny a způsob výpočtu náhrady škody při neoprávněném odběru elektřiny.

**§ 2 -** Pro základní ustanovení účelu této vyhlášky se rozumí: **a)** rezervovaným příkonem:

- 1) hodnota elektrického příkonu v předávacím místě přenosové soustavy v MW v základním zapojení, sjednaná s provozovatelem přenosové soustavy na základě požadovaného příkonu a technických parametrů zařízení přenosové soustavy v předávacím místě, nebo
- 2) hodnota elektrického příkonu sjednaná s provozovatelem distribuční soustavy na základě požadovaného příkonu pro odběrné místo v kW na hladině velmi vysokého nebo vysokého napětí nebo ve výši jmenovité hodnoty hlavního jističe před elektroměrem v A na hladině nízkého napětí,

**b)** rezervovaným výkonem - hodnota připojovaného výkonu výroby elektřiny v předávacím místě přenosové nebo distribuční soustavy v MW v základním zapojení snižena o hodnotu vlastní spotřeby elektřiny na výrobu elektřiny nebo na výrobu elektřiny a tepla, **f)** zařízením - výrobní elektřiny, distribuční soustava nebo odběrné zařízení, **g)** žadatelem - fyzická nebo právnická osoba, která žádá o připojení zařízení k přenosové nebo distribuční soustavě nebo o zvýšení rezervovaného příkonu nebo výkonu stávajícího zařízení, a která je oprávněna zařízení užívat na základě vlastnického nebo jiného práva; za žadatele se považuje rovněž fyzická nebo právnická osoba, která v daném území zamýšlí provést výstavbu výroby elektřiny nebo jiného zařízení [12].

**§ 3 -** Podmínkami připojení zařízení žadatele k přenosové nebo distribuční soustavě jsou:

- 1) podání žádosti o připojení,
- 2) souhlasné stanovisko provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy k žádosti o připojení,
- 3) uzavření smlouvy o připojení mezi žadatelem a provozovatelem přenosové nebo distribuční soustavy nebo změna stávající smlouvy o připojení.

Pokud nedochází ke změně technických podmínek připojení, při:

- 1) změně konečného zákazníka ve stávajícím odběrném místě, pokud proběhla ve lhůtě do 12 měsíců, nebo
- 2) nahrazení nebo úpravě stávajícího zařízení výroby elektřiny, kdy nedochází k překročení existující technické kapacity vyvedení výkonu do přenosové nebo distribuční soustavy při zachování standardních podmínek přenosu nebo distribuce elektřiny, podává žadatel pouze žádost o uzavření smlouvy nebo změnu stávající smlouvy o připojení.

Při první změně dodavatele konečného zákazníka podává žadatel žádost o uzavření smlouvy o připojení, pokud taková smlouva není již uzavřena.

V posledně dvou uvedených případech uzavře provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy smlouvu o připojení do 30-ti kalendářních dnů bez vydávání stanoviska podle § 5 této vyhlášky. V těchto případech také žadatel nehradí podíl na nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu podle § 8.

**§ 4 -** Žádost o připojení zařízení žadatele k přenosové nebo distribuční soustavě se podává před výstavbou nebo připojením nového zařízení, před zvýšením rezervovaného příkonu, popřípadě výkonu stávajícího připojeného zařízení nebo před zásadní změnou charakteru odběru. Žádost se podává za každé odběrné nebo předávací místo zvlášť.

Náležitosti žádosti o připojení výrobní elektřiny nebo její části k přenosové nebo distribuční soustavě jsou uvedeny (viz. čl. 4.1.2.1).

**§5 -** Při vydávání stanoviska k žádosti o připojení zařízení, provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy posuzuje žádost s ohledem na: **a)** místo a způsob požadovaného připojení, **b)** velikost požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu a časový průběh zatížení, **c)** spolehlivost dodávky elektřiny, **d)** charakter zpětného působení zařízení žadatele na přenosovou nebo distribuční soustavu.

Na základě posouzení žádosti o připojení podle kritérií podle výše uvedeného odstavce vydá provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy žadateli stanovisko s těmito náležitostmi: **a)** místo a způsob připojení zařízení žadatele včetně určení odběrného nebo předávacího místa a stanovení hranice vlastnictví zařízení, **b)** předpokládaný termín připojení a zajištění rezervovaného příkonu nebo výkonu, **c)** umístění a typ měřicích zařízení provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy, **d)** výše podílu žadatele na nákladech spojených s připojením zařízení žadatele a se zajištěním požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu, **e)** potvrzení požadavku na výši rezervovaného příkonu nebo výkonu a jeho časový průběh zatížení, **f)** doba závaznosti stanoviska.

Provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy vydá do 30 kalendářních dnů ode dne obdržení žádosti o připojení podle § 4 odst. 1 nebo po obdržení všech doplňujících údajů v potřebném rozsahu podle § 4 odst. 7 stanovisko. V případě, že je nutné provést měření nebo u sítě o napětové úrovni 110 kV ověření chodu sítě, prodlužuje se tento termín o dobu měření nebo ověření chodu sítě, maximálně však na 60 kalendářních dnů ode dne obdržení žádosti o připojení. O nutnosti provedení měření nebo ověření chodu sítě a prodloužení lhůty musí provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy informovat žadatele nejpozději do 15 kalendářních dnů ode dne obdržení žádosti o připojení.

Pokud nelze zařízení žadatele připojit z důvodů stanovených energetickým zákonem, vyrozumí provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy písemně žadatele o konkrétních důvodech zamítnutí jeho žádosti o připojení ve lhůtě podle předchozího odstavce. V případě, že je možné zařízení žadatele připojit za jiných podmínek, navrhne provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy v zamítavém stanovisku k žádosti o připojení jiný možný způsob připojení. Tento návrh jiného možného způsobu připojení obsahuje náležitosti stanoviska podle odstavce 2 a je nadále považován za stanovisko.

Provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy je stanoviskem vázán po dobu nejméně 180 kalendářních dnů ode dne odeslání stanoviska žadateli, pokud se žadatel s provozovatelem přenosové nebo distribuční soustavy nedohodnou jinak. Je-li během této doby zahájeno na návrh žadatele řízení o udělení autorizace podle energetického zákona, případně územní nebo stavební řízení podle stavebního zákona, prodlužuje se doba závaznosti stanoviska o dobu trvání takového řízení.

**§7 -** Samotné připojení zařízení žadatele k přenosové nebo distribuční soustavě se uskutečňuje na základě uzavřené smlouvy o připojení.

Součástí podmínek připojení zařízení sjednávaných ve smlouvě o připojení jsou také ujednání o typu měření a jeho umístění a výše podílu na nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu.

Smlouva o připojení jednoho žadatele může zahrnovat více odběrných nebo předávacích míst, pokud je každé z nich ve smlouvě samostatně specifikováno.

**§8 -** Jako náklady provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy spojené s připojením a se zajištěním nebo navýšením požadovaného rezervovaného příkonu odběratele a výkonu výrobní elektřiny na napětové hladině nízkého napětí, vysokého napětí, velmi vysokého napětí a zvláště vysokého napětí jsou nezbytně nutné skutečně vynaložené oprávněné náklady související s pořízením, výstavbou nebo úpravami přenosové nebo distribuční soustavy, které byly vyvolány požadavkem žadatele v souvislosti s místem a způsobem připojení jeho zařízení. Pořízení, výstavba nebo úpravy přenosové nebo distribuční soustavy jsou zajišťovány v nezbytně nutném rozsahu odpovídajícím hodnotě příkonu nebo výkonu, požadovaného žadatelem, a místu a způsobu připojení jeho zařízení.

Do nákladů dále patří náklady na pořízení projektové dokumentace, geodetická zaměření, věcná břemena a ostatní bezprostředně související investiční náklady a poplatky na výstavbu, úpravu nebo pořízení přenosové nebo distribuční soustavy.

Do nákladů nepatří náklady související s pořízením, výstavbou nebo úpravami přenosové nebo distribuční soustavy, které svým rozsahem přesahují nezbytně nutnou míru odpovídající hodnotě příkonu nebo výkonu, požadovaného žadatelem, a místu a způsobu připojení jeho zařízení.

**§9 -** Výstavba a úprava přenosové soustavy je vymezena od místa připojení zařízení žadatele do nejbližšího vhodného místa v přenosové soustavě, kde je nebo by po provedení nezbytných úprav v soustavě byl k dispozici požadovaný rezervovaný příkon nebo výkon.

Výstavba a úprava distribuční soustavy je vymezena od místa připojení zařízení žadatele do nejbližšího vhodného místa v distribuční soustavě na shodné napěťové hladině, kde je nebo by po provedení nezbytných úprav v soustavě byl k dispozici požadovaný rezervovaný příkon nebo výkon.

**§ 10 -** Měrný podíl žadatele o připojení výroby elektřiny nebo odběrného zařízení k přenosové nebo distribuční soustavě na nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu se určí podle způsobu připojení zařízení žadatele a v souladu s přílohou č. 6 k této vyhlášce (viz. čl. 4.1.2.2):

- 1) na úrovni přenosové nebo distribuční soustavy o napěťové hladině zvláště vysokého napětí, velmi vysokého napětí a vysokého napětí v Kč/MW,
- 2) na úrovni distribuční soustavy o napěťové hladině nízkého napětí hodnotou v Kč za každý A rezervovaného příkonu.

Podíl žadatele na nákladech spojených s připojením a se zajištěním nebo navýšením požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu se vypočítá jako součin měrného podílu podle přílohy č. 6 k této vyhlášce (viz. čl. 4.1.2.2) a žadatelem požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu.

Úhrada podílu žadatele na nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu se neuplatňuje v případech, když nedochází ke změně technických podmínek připojení podle § 3 odst. 2 vyhl.51/2006Sb.

V případě připojování výroby k přenosové soustavě hradí vývodové vedení do místa připojení žadatel v plné výši [12].

## **Náležitosti žádosti o připojení výroby elektřiny k přenosové nebo distribuční soustavě**

### **Část A - údaje o žadateli:**

- a) Obchodní firma - vyplňuje žadatel - podnikatel zapsaný v obchodním rejstříku
- b) Jméno, příjmení a případný dodatek nebo název - vyplňuje žadatel nezapsaný v obchodním rejstříku
- c) Datum narození - vyplňuje žadatel - fyzická osoba
- d) Právní forma právnické osoby - vyplňuje žadatel - právnická osoba
- e) Sídlo v členění: stát, kraj, obec s PSČ, ulice a číslo popisné, popřípadě číslo evidenční - vyplňuje žadatel - právnická osoba / Místo podnikání v členění: stát, kraj, obec s PSČ, ulice a číslo popisné, popřípadě číslo evidenční - vyplňuje žadatel - fyzická osoba podnikající



- f) Jméno, příjmení a datum narození osoby, která je statutární orgánem, nebo všech osob, které jsou členy statutárního orgánu - vyplňuje žadatel - právnická osoba
- g) Bydliště v členění: stát, kraj, obec s PSČ, ulice a číslo popisné, případně číslo evidenční - vyplňuje žadatel - fyzická osoba nepodnikající
- h) Spojení - telefon, e-mail
- i) Adresa pro doručování do vlastních rukou
- j) Identifikační číslo, pokud bylo přiděleno
- k) Daňové identifikační číslo, pokud bylo přiděleno

#### Část B - údaje o zařízení

- a) Umístění výroby elektřiny - kraj, obec, katastrální území, parcelní čísla pozemků, na nichž je výroba elektřiny situována, číslo popisné, případně číslo evidenční
- b) Typ výroby elektřiny
- c) Charakter výroby elektřiny
- d) Požadovaný termín připojení
- e) Základní údaje o výrobně elektřiny:
  - *zapojení výroby elektřiny do přenosové soustavy nebo distribuční soustavy (napěťová hladina, předpokládaná lokalita připojení, jednopólové schéma, územní varianty jednotlivých variant připojení)*
  - *popis výroby elektřiny [celkový instalovaný výkon elektrárny, výkon jednotlivých bloků, elektrické schéma bloků, typ bloku (uhelný, paroplynový, vodní, jiný), druh zdroje (špičkový, základní), vyrobená energie za rok, jmenovitý účinnost, odhadovaná spolehlivost bloku],*
  - *popis blokového transformátoru (typ, instalovaný výkon, jmenovité napětí, napětí nakrátko, zapojení vinutí, převod, rozsah odboček, ztráty nakrátko a ztráty naprázdno, zkratová odolnost,  $I_{th}$ ,  $I_{dyn}$ ,  $I_{vyp}$ ,  $I_{zap}$ )*
  - *popis generátoru (typ, instalovaný výkon zdánlivý i činný, jmenovité napětí, zapojení, typ budiče, vypínač, dynamické konstanty, jako jsou náhradní reaktance, časové konstanty, konstanty setrvačnosti)*
  - *popis vlastní spotřeby (celkový instalovaný příkon, jmenovité napětí, účinnost, záběrový proud)*
- f) Požadovaná spolehlivost vyvedení výkonu

**Měrný podíl žadatele o připojení na nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného příkonu:**

**ODBĚRNÉ ZAŘÍZENÍ**

Místo připojení k napěťové hladině	Způsob připojení	Měrný podíl žadatele
přenosová soustava	standardní	200 000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	standardní - z <i>přípoj nic nové rozvodny, rozvodna typu H</i>	600 000 Kč/MW
	nestandardní - <i>připojení ve stávající stanici VVN, přímo z přípojnic nebo z vývodového pole vedením ve vlastnictví žadatele</i>	150 000 Kč/MW
distribuční soustava VN	standardní	800 000 Kč/MW
distribuční soustava NN	3 fázové připojení	500 Kč/A
	1 fázové připojení	200 Kč/A

**VÝROBNA**

Místo připojení k napěťové hladině	Způsob připojení	Měrný podíl žadatele
přenosová soustava	<i>v místě připojení podle stanoviska provozovatele přenosové soustavy</i>	500 000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	standardní - z <i>přípoj nic nové rozvodny, rozvodna typu H</i>	1 200 000 Kč/MW
	nestandardní - <i>připojení ve stávající stanici VVN, přímo z přípojnic nebo z vývodového pole vedením ve vlastnictví žadatele</i>	150 000 Kč/MW
distribuční soustava VN	standardní	640 000 Kč/MW
	nestandardní - bez vedení zdroj - rozvodna	150 000 Kč/MW
distribuční soustava NN	3 fázové připojení	500 Kč/A

Standardní způsob připojení zahrnuje potřebné úpravy (výstavbu vstupních polí) v přípojné rozvodně (rozvodna typu H) včetně výstavby VVN. Nestandardní způsob připojení zahrnuje potřebné úpravy v přípojné rozvodně (paprskové připojení zařízení žadatele), bez výstavby připojovacího vedení.

## **4.2 Výběr podmínek daných pravidly provozovatelů ES, PS a DS**

### **4.2.1 Pravidla provozování elektrizační soustavy**

Provozovatelem přenosové soustavy, zřízené na základě zákona a provozované ve veřejném zájmu, je v České republice ČEPS, a.s. Řídí se právním řádem České republiky a závazky z mezinárodních smluv a dohod.

Vzhledem k tomu, že na provozování přenosové soustavy je v České republice vydána jediná licence pro území celého státu, je přenosová soustava přirozeným monopolem, který podléhá regulaci Energetického regulačního úřadu a přísným pravidlům soutěžního práva. Dlouhodobé úkoly a strategická rozhodnutí provozovatele PS vycházejí z rozhodnutí Ministerstva průmyslu a obchodu, například ze státní energetické koncepce [13].

### **Podmínky provozování elektrárenských bloků**

(Část I. – Základní podmínky pro používání přenosové soustavy, rok 2009)

Tato kapitola uvádí přehled požadavků na elektrárenské bloky připojované nebo provozované do PS. Technické požadavky na silové zařízení bloků připojovaných do přenosové soustavy musí splňovat požadavky uvedené v části VII. 1 těchto pravidel. Technické požadavky na ochrany jsou uvedeny v části VII. 2 těchto pravidel.

- 1) Dosažení bezpečného provozu elektrizační soustavy vyžaduje jasnou specifikaci požadavků na bloky elektráren v úzké vazbě na potřeby přenosové soustavy. Tyto požadavky se týkají především schopnosti bloků pracovat do PS i při mimořádných hodnotách napětí a frekvence.

#### **a) Dovolené hodnoty napětí a kmitočtu.**

Elektrárenský blok jako celek (tj. včetně vlastní spotřeby) musí být schopen trvalého provozu se jmenovitým činným výkonem i jmenovitým zdánlivým výkonem generátoru v rozmezí kmitočtu 48.5 až 50.5 Hz s napětím na svorkách alternátoru bloku v rozmezí 95% až 105%  $U_n$ . Pro každý blok musí být (dodavatelem bloku) přesně definovány dva mezní kmitočty  $f_{\min}$  a  $f_{\max}$ , pro které je provoz bloku nepřipustný.

Minimální a maximální hodnoty  $f_{\min}$  a  $f_{\max}$  jsou stanoveny tzv. frekvenčním plánem. Pro rozmezí kmitočtů od  $f_{\min}$  do 48.5 Hz a od 50.5 Hz do  $f_{\max}$  a současně pro rozmezí svorkového napětí od 80%  $U_n$  do 95%  $U_n$  a od 105%  $U_n$  do 110%  $U_n$  musí být (dodavatelem bloku) definovány hodnoty dovoleného činného a zdánlivého výkonu alternátoru bloku a eventuálně jejich časové omezení. Tyto hodnoty musí mít ČEPS k dispozici ve formě sady tabulek nebo grafů.

#### **b) Přechod a provoz na vlastní spotřebu.**

Blok tepelné elektrárny (s parní nebo plynovou turbínou) musí být schopen okamžitého a bezpečného přechodu z plného zatížení na provoz na vlastní spotřebu. Musí být schopen provozu v tomto režimu po dobu minimálně 2 hodin.

#### **c) Schopnost ostrovního provozu bloků**

V případě vzniku ostrovního provozu, kde příznakem je vybočení frekvence z meze 49.8-50.2 Hz, musí být blok schopen měnit svůj výkon automaticky v závislosti na odchylce frekvence od žádané (jmenovité) hodnoty proporcionálním způsobem.

Kromě toho bloky poskytující podpůrnou službu Schopnost ostrovního provozu musí být schopny na pokyn dispečera PS měnit svůj výkon tak, aby se podílel na regulaci frekvence ostrova na hodnotu vhodnou pro fázování ostrova. Změna výkonu může být buď ruční (při pokynu na změnu výkonu) nebo automatická - při přechodu do astatické - proporcionálně integrační regulace otáček (při pokynu dispečera PS na přechod do tohoto režimu regulace).

Provozovatel bloku s instalovaným výkonem větším než 50 MW vyhodnocuje skutečné chování bloku po každé změně regulační struktury turbíny spojené s vybočením frekvence soustavy z mezí  $50 \pm 0,20$  Hz a zašle je elektronicky provozovateli PS. Tato Zpráva o ostrovním provozu bloku zajišťuje nezbytnou zpětnou vazbu mezi provozovatelem PS a provozovateli elektrárenských bloků a slouží především k zvýšení bezpečnosti provozu ES (prevenci vážných systémových poruch typu blackout).

**d) Provoz bloku při poruchách v síti**

Blok musí splňovat požadavky odolnosti proti síťovým poruchám, kdy je ohrožena:

- *dynamická stabilita při poruchách různých typu zkratů*
- *statická stabilita (ve smyslu ztráty schopnosti přenést činný výkon přes oslabený přenosový profil)*
- *statická stabilita (ve smyslu netlumených kyvů tzv. – „autooscilací“). V případě ohrožení dynamické stability, které bylo zjištěno pomocí výpočtů, je nutné bloky opatřit příslušnými ochranami („Automatiky“). Ztrátě statické stability se předchází především správným nastavením hlídačů meze podbuzení. Základní opatření proti vzniku samovolných kyvů představuje systémový stabilizátorův buzení (PSS) a vhodná velikost zesílení regulační smyčky primární regulace napětí.*

**e) Ochrana při ztrátě stability generátoru**

Jestliže výpočty provedené ČEPS potvrdí, že pravděpodobnost ztráty stability alternátoru v daném místě ES není zanedbatelná, musí být alternátory o zdánlivém výkonu 100 MVA a vyšším (po dohodě s výrobcem) vybaveny ochranou, která jej odpojí od sítě při ztrátě stability. Doporučuje se použít ochranu, u které lze nastavit počet prokluzů, po kterých bude alternátor odpojen. Počet prokluzů generátoru je určen s respektováním konstrukční odolnosti proti tomuto stavu, tj. po dohodě s výrobcem alternátoru, a s respektováním vlivu prokluzů na provoz PS. Nastavení se určí na základě výpočtů a po dohodě mezi elektrárnou a ČEPS.

**f) Frekvenční relé**

Bloky musí být vybaveny vhodnými frekvenčními relé, která reagují na kmitočet ES a zajišťují automatické činnosti při poruchových změnách frekvence v souladu s Frekvenčním plánem. Konkrétní činnosti odvozené od působení frekvenčních relé závisí na místě připojení bloku do PS, na velikosti bloků a výsledku výpočtů. Tyto činnosti jsou po projednání s ČEPS realizovány v jednotlivých elektrárnách, včetně nastavení jednotlivých mezí a parametrů.

**g) Automatiky**

V některých místech připojení elektrárny do PS se může projevit riziko ztráty stabilního chodu při poruchově nebo jinak oslabené síti. Taková skutečnost se zjistí provedenými výpočty. Pro snížení rizika výpadku celé elektrárny po vzniku těchto situací jsou instalovány v PS systémové automatiky, které mohou vypínat vybrané bloky elektráren. V takovém případě je nutno zajistit přenos příslušného signálu z automatiky do elektrárny, odpovídající vypnutí a převedení provozovaných bloků elektrárny na provoz na vlastní spotřebu. Cílem opatření je zachovat v poruchové situaci stabilní provoz ostatních bloků elektrárny.

Projekt systémové části této automatiky zajišťuje ČEPS, návaznou část v elektrárně samotná elektrárna. Nastavení automatik se provede na základě výše uvedených výpočtů v koordinaci mezi elektrárnou a ČEPS. Dohodou mezi elektrárnou a ČEPS se zajišťují další automatické funkce. Jako příklad lze uvést vyslání impulsu z rozvodny PS do elektrárny při vypnutí blokového vedení v rozvodně PS. Impuls působí na urychlovače ventilů turbíny<sup>1</sup>, sníží vzrůst otáček turbíny a tím usnadní přechod na vlastní spotřebu.

- 2) Požadavky na řízení U a Q Kapitola uvádí všeobecné požadavky na všechny bloky. Specifické požadavky na poskytovatele.

a) **Požadavky na regulační rozsah bloku**

Generátor musí být schopen dodávat jmenovitý činný výkon v rozmezí účinníků  $\cos\phi_{IND}=0,85$  (chod generátoru v přebuzeném stavu) a  $\cos\phi_{KAP} = 0,95$  (chod generátoru v podbuzeném stavu) při kmitočtu v rozmezí 48,5 až 50,5 Hz a při dovoleném rozsahu napětí buď  $\pm 5\% U_n$  na svorkách generátoru nebo 400 kV  $\pm 5\%$ , 220 kV  $\pm 10\%$  a 110 kV  $\pm 10\%$  na straně vvn blokového transformátoru.

Při nižších hodnotách činného výkonu se dovolené hodnoty jalového výkonu zjistí podle provozních diagramů bloku, které musí být součástí provozně-technické dokumentace bloku. Technologie vlastní spotřeby elektrárny a zajištění napájení vlastní spotřeby umožní využití výše uvedeného dovoleného rozsahu – např. použitím odbočkového transformátoru napájení vlastní spotřeby s regulací pod zatížením.

Zde uvedený základní požadovaný regulační rozsah jalového výkonu může být modifikován, tedy zúžen nebo rozšířen. Důvodem případné modifikace může být např. odlišná (nižší/vyšší) potřeba regulačního jalového výkonu v dané lokalitě PS anebo zvláštní technologické důvody. Taková modifikace předpokládá uzavření zvláštní dohody mezi provozovatelem a uživatelem PS [13].

b) **Požadavky na primární regulaci U bloku**

Primární regulace napětí je zajištěna primárním regulátorem, který tvoří standardně součást regulátoru buzení a umožňuje případně účast na nadřazené sekundární regulaci U/Q (SRUQ).

Primární regulátor napětí:

- *nesmí vykazovat necitlivost při řízení napětí*
- *musí být vybaven obvody pro kompenzaci úbytku napětí na blokovém transformátoru pomocí tzv. statiky od jalového proudu*
- *musí umožňovat impulsní řízení žádané hodnoty svorkového napětí generátoru*
- *musí umožnit přenos měřených, řízených a řídicích veličin do jiných zařízení prostřednictvím digitální komunikace*

Kromě zmíněného primárního regulátoru napětí je regulátor buzení doplněn následujícími přídatnými automatikami:

- *omezovačem statorového a rotorového proudu (ochranné obvody alternátoru)*
- *hlídačem meze podbuzení (HMP)*
- *stabilizačními obvody pro tlumení kyvů v síti (systémové stabilizátory)*

Nastavení HMP musí být provedeno tak, aby byl alternátor chráněn dle předpisů výrobce (daných provozním diagramem P-Q). U bloku nezařazeného do ASRU bude nastavení HMP zajišťovat i statickou stabilitu bloku připojeného do soustavy. Nastavení HMP z hlediska statické stability se určuje po dohodě s ČEPS na základě příslušných výpočtů.

3) **Měření a přenášené signály**

Místo připojení elektrárenského bloku do PS musí být vybaveno odpovídajícím dispečerským a obchodním měřením. Bližší specifikace je uvedena v části – „Požadavky na vybavení přípojného místa měřením“. Seznam signálů a informací jejichž zabezpečení je nezbytné pro spolehlivé řízení provozu ES a je uvedené v části „Informace vyměňované mezi provozovatelem a uživateli PS“.

4) **Zajištění stability přenosu**

Jedná se o instalaci systémových stabilizátorů a hlídačů meze podbuzení do regulátoru buzení bloku. S rostoucím propojováním jednotlivých elektrizačních soustav do rozsáhlých systémů narůstá náchylnost ke kypování systémových veličin, jako je lokální frekvence, napětí a přenos výkonu. Tyto kyvy zhoršují kvalitu elektřiny a mohou vést i k vážným systémovým poruchám. Proto je třeba toto kypování tlumit.

Účinnými metodami je nastavení zesílení proporcionálního členu regulátoru buzení a zavedení tzv. systémových stabilizátorů (PSS) do regulátoru buzení. Každá nově instalovaná budící souprava bloku připojeného k PS musí být vybavena systémovým stabilizátorem (PSS). PSS musí zajistit účinné tlumení systémových (o frekvenci 0,3 – 1 Hz) a lokálních kyvů (1 – 2,5 Hz). Před připojením do PS musí být vypracována zpráva, která definuje počáteční nastavení a metodiku ladění PSS. Dále zpráva obsahuje výsledky ze simulačních výpočtů, které slouží k modelovému ověření počátečního nastavení PSS.

Při uvádění PSS do provozu je vyžadováno ověření nastavení PSS měřením. Výsledky měření musí vyhovět uvedeným kritériím a zpracovávají se do zprávy.

Zprávu zašle provozovatel bloků elektronicky provozovateli PS.

## **Požadavky na přípojné místo a předávané informace**

(Část I. – Základní podmínky pro používání přenosové soustavy, rok 2009)

### **1) Požadavky na přípojné místo**

Specifické technické požadavky na koordinaci izolace, dimenzování vnější izolace, radiové rušení jsou uvedeny v části VIII. Standardy PS.

#### **a) Požadavky na vybavení přípojného místa měřením**

Podle Energetického zákona je ČEPS zodpovědný za zajištění obchodního měření v přenosové soustavě včetně jeho vyhodnocení. Proto místo připojení uživatele musí být vybaveno měřením umožňujícím dispečerské řízení soustavy a obchodním měřením pro vyúčtování dodávky resp. odběru elektrické energie.

#### **b) Obecné požadavky na obchodní měření**

Zásady platné pro obchodní měření jsou uvedeny v části VII. Kapitole 2.3 „Obchodní měření“.

#### **c) Obecné požadavky na dispečerské měření**

- *Měření napětí musí být prováděno ve všech třech fázích s celkovou přesností, která nesmí být horší než 0,5 %, přičemž žádný z členů měřicího řetězce nesmí mít přesnost horší jak 0,2 %.*
- *Měření proudu ve všech třech fázích s celkovou přesností, která nesmí být horší než 0,5 %, přičemž žádný z členů měřicího řetězce nesmí mít přesnost horší jak 0,2 %.*
- *Dispečerské měření  $P, Q$  s přesností ne horší než 0,5 % (na základě požadavku ČEPS).*

Hodnoty přesnosti měření se vyjadřují pro celý měřicí řetězec. Rozsahy měřících převodníků musí být konzultovány s ČEPS.

### **2) Informace předávané mezi ČEPS a uživateli PS**

Obecně je nutné od uživatele PS obdržet následující údaje:

- Topologie vývodu připojovaného žadatele – tzn. stavy vypínačů, spínačů, odpojovačů, uzemňovačů, a to dvoubitovou signalizací (pro všechny provozované přípojnice). Údaje o stavech jednotlivých prvků slouží pro odvození stavu celého vývodu uživatele a tyto signály jsou dále přenášeny na Dispečink ČEPS. Alternativně je možné od uživatele přímo přenášet signál výsledného stavu vývodu.
- Měření elektrických veličin – činného a jalového výkonu, napětí a proudu.
- Poruchová hlášení ochrany.

Na uživatele - poskytovatele podpůrných služeb jsou kladeny specifické požadavky. Konkrétní databáze vzájemného přenosu dat mezi Dispečinkem ČEPS a výrobcem nebo uživatelem vychází z dále uvedených seznamů a dohodnutého způsobu řízení.

Z důvodů zajištění co nejvyšší spolehlivosti bezchybného poskytování PpS není z pohledu ČEPS žádoucí přenos dat od více poskytovatelů PpS po jedné komunikační trase. Výjimka může být učiněna pouze v případech, které vyhovují dvěma stanovým podmínkám v kodexu PS [13].

## **Silová zařízení**

(Část VII. – Zařízení PS, rok 2009, vychází ze zákona č.458/2000Sb, §24, odst. 10)

### **1) Silové zařízení**

Do silového zařízení PS se zahrnují rozvodná zařízení (kromě zařízení sekundární techniky), transformátory a venkovní vedení pro sítě 400 kV a 220 kV. Dále zahrnuje i zařízení pro sítě 110 kV v majetku ČEPS, a.s.

### **2) Technické požadavky**

Technické požadavky na silové zařízení PS jsou zaměřeny na provozní bezpečnost zařízení, aby při zajišťování přenosu elektřiny se stanovenými parametry a v daných mezích byla dodržena požadovaná spolehlivost provozu a současně aby nedošlo k ohrožení života, zdraví osob, zvířat, majetku nebo životního prostředí. Zařízení PS musí splňovat ustanovení příslušných norem (státních norem - ČSN a ČSN EN, podnikových norem energetiky – PNE, podnikových norem ČEPS, a.s. - TN), předpisů a zákonných požadavků.

Technické specifikace nejdůležitějších zařízení jsou vydány formou technických norem ČEPS s uvedením parametrů, které musí být splněny bez ohledu na typ, doporučených standardních hodnot a s příkladem poptávkové specifikace.

Technické specifikace silového zařízení přenosové soustavy zahrnují tři oblasti požadavků - technické parametry, konstrukci a údržbu. Rozhodující pro určení jmenovitých parametrů zařízení jsou parametry sítě v místě jeho umístění a navrhuje se s pomocí standardů PS. Nejdůležitější jsou:

- *Koordinace izolace - je důležitá pro správnou volbu izolační hladiny jednotlivých zařízení v sítích PS, čili pro volbu elektrické výdržné pevnosti zařízení, a pro způsob její aplikace v provozu v závislosti na napětích, která se mohou v soustavě objevit. Doporučené hodnoty ve vztahu k dimenzování stávajícího zařízení jsou uvedeny ve standardu „Vedení a stanice vvn a zvn – koordinace izolace“.*
- *Zkratová odolnost - pro zamezení nekontrolovaného nárůstu zkratových proudů a s tím související definování základních technických parametrů zařízení a velikosti ovlivnění cizích zařízení v jejich blízkosti jsou ve standardu „Úroveň zkratových proudů v PS“ definovány mezní hodnoty ekvivalentního oteplovacího proudu v sítích PS pro jednotlivé napěťové hladiny.*
- *Radiové rušení - při návrhu a provozu zařízení je nutné zamezit radiovému rušení zařízení vvn a zvn, které zde vzniká fyzikálními jevy (korona, klouzavé výboje apod.). Povolené meze rušení jsou uvedeny ve standardu „Vedení a stanice vvn a zvn – radiové rušení“.*
- *Vnější prostředí - dimenzování vnější izolace zařízení se s ohledem na skutečné znečištění ovzduší v příslušném místě instalace navrhuje tak, aby z důvodů jejího čištění nebylo požadováno častější vypínání, než vyžaduje běžná údržba zařízení. Doporučené délky povrchové cesty vnější izolace jsou uvedeny ve standardu „Vedení a stanice vvn a zvn. Dimenzování vnější izolace podle stupně znečištění“. Další informace k technickým požadavkům na silové zařízení podá na požádání ČEPS.*

### **3) Provoz a údržba**

ČEPS, a.s. odpovídá za provoz zařízení PS v rámci systému dispečerského řízení a daných pravidel. Realizace těchto činností může být smluvně delegována na smluvního provozovatele DS (PDS) nebo na jiného dodavatele, který splňuje požadavky ČEPS, a.s. na vybavení příslušnými certifikáty pro tuto činnost, znalostmi, specialisty a technikou. ČEPS, a.s. v tomto případě odpovídá za kontrolu řádného výkonu povinností smluvního partnera.

Zajištěním bezpečného provozu zařízení se míní, že se provozují pouze taková zařízení, která odpovídají příslušným platným normám a předpisům, uvedou se do provozu po provedení předepsaných kontrol, zkoušek a revizí, mají platnou technickou a provozní dokumentaci, podrobují se předepsaným pravidelným kontrolám, zkouškám a revizím a při jejich

provozu jsou dodržovány předpisy bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a předpisy požární ochrany a ochrany životního prostředí.

Bezpečnost a provozuschopnost elektrických zařízení PS musí být ověřována pravidelnými revizemi, nebo musí být prováděna údržba včetně kontrol ve stanovených lhůtách a ve stanoveném rozsahu podle Řádu preventivní údržby (ŘPÚ), který podle čl.2 změny 2 normy ČSN 33 1500 „Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení“ provádění pravidelných revizí nahrazuje. ŘPÚ pro PS je vydán formou technické normy ČEPS, a.s. číslo TN 22 „Řád preventivní údržby zařízení přenosové soustavy“.

ŘPÚ stanovuje požadované nejdelší přípustné intervaly údržby (pochůzkovou nebo leteckou kontrolu, funkční zkoušky, prohlídku, běžnou údržbu /kontrolu/, diagnostické zkoušky, generální údržbu /revizi/) a specifikuje obsah jednotlivých údržbových prací a diagnostických měření a způsob jejich vyhodnocení. Lhůty provádění jednotlivých činností, jejich rozsah a způsob vyhodnocení jsou dány adresnými přílohami ŘPÚ pro jednotlivé typy zařízení. Plánování provádění údržby zařízení PS je určeno dodržováním ŘPÚ.

V souladu s plánem preventivní údržby a systémem dispečerského řízení je po dobu provádění prací, při kterých je nutné části zařízení vypínat, v kompetenci ČEPS měnit způsob provozu dotčené části zařízení PS. Po dobu prací se přípouští omezení přenosu elektrické energie v této lokalitě.

S údržbou zařízení, zejména s definováním jejího rozsahu a intervalů provádění, přímo souvisí předpokládaná doba jeho životnosti. Tyto doby a způsoby jejich zpřesnění pro jednotlivé komponenty silového zařízení jsou určeny ve standardu „Vedení a stanice vvn a zvn – silové zařízení“.

Pro řešení obnovy a havárií transformátorů při požadovaném zajištění spolehlivosti provozu transformačních vazeb přenosové soustavy slouží systémové rezervy transformátorů 400/110 kV a 220/110 kV v celkovém počtu 4 až 8 strojů podle předpokládaných potřeb. Pro operativní řešení okamžitých a neplánovaných provozních potřeb v důsledku neopravitelných poruch nebo závad zařízení a poruch, které vyžadují dlouhodobou odstávku částí elektrické stanice či vedení, slouží havarijní zásoby.

Činnost spojená s agendou havarijních zásob je definována jako zvláštní režim s ohledem na jejich význam při zajišťování spolehlivosti provozu PS. Havarijní zásoby jsou získávány buď nákupem, nebo demontáží stávajícího zařízení a jejich parametry a množství je upřesněno v technických normách ČEPS, a.s. při dodržení těchto hlavních zásad:

- počet a druh přístrojů a strojů v havarijních zásobách odpovídá průměrnému počtu a rozsahu poruch v PS při zohlednění jejich dodací (výrobní) lhůty. Jejich parametry umožňují použití kdekoliv v sítích PS.
- množství vodičů a armatur pro vedení odpovídá výměnám jednoho běžného kotevního úseku jednoduchého vedení a základnímu sortimentu typů vodičů.
- stožárové konstrukce vedení vzhledem k množství typů a technologickým lhůtám při jejich výměně nejsou zahrnuty do havarijních zásob a jejich výroba se zadává podle vzniklých potřeb. V odůvodněných případech (velké ztráty, snížení spolehlivosti provozu PS) se pro zkrácení doby poruchy využívají dočasná provizorní vedení.



**Nové připojení nebo rozšíření stávajícího připojení – postup žadatele**

(Část IV. Plánování rozvoje PS, rok 2009, Procesní pravidla při připojování nového zařízení)

- 1) **1. krok - Zahájení jednání s žadatelem o připojení** Jednání je zahájeno po posouzení písemné žádosti o připojení zaslané ČEPS v souladu s platnou právní úpravou. V případě, že údaje uvedené v žádosti o připojení nejsou kompletní, vyzve ČEPS žadatele o doplnění požadovaných podkladů.

- 2) **2. krok – Písemné vyjádření ČEPS a příprava smlouvy o připojení**

Na základě informací uvedených v příloze žádosti o připojení resp. v zaslaném dotazníku bude proveden návrh řešení připojení žadatele do PS (obvykle variantní). Součástí těchto návrhů jsou bilanční rozborů v dotčené oblasti a první kontrola přenosových poměrů. Termín vyjádření k žádosti o připojení je 30 dnů od předání kompletních požadovaných podkladů. V písemném vyjádření je proveden odborný odhad investiční náročnosti jednotlivých řešení (na základě typových ukazatelů) a stanoven odhad reálného termínu realizace investiční akce. Na základě výsledků rozborů vyzve ČEPS, a. s. žadatele k jednání.

**Nezbytným předpokladem před uzavřením smlouvy o připojení je předložení systémové studie elektrických poměrů.**

- 3) **3. krok - Systémová studie elektrických poměrů**

**Síťová studie** zpracovává řešení vybrané ve 2. kroku, které je v této fázi podrobeno hlubšímu průzkumu, a to z hlediska rozložení toků výkonů na vedeních PS (specifické provozní stavy, kontrola kritéria „N-1“), zkratových poměrů v PS a dynamického chování PS při vybraných poruchách. Ve studii dochází ke zpřesnění investičních nákladů daného řešení (např. v souvislosti s ovlivněním ostatních prvků PS). Termín pro zpracování studie je 15 týdnů od předání požadovaných aktuálních podkladů. Poskytnutí vyžádaných podkladů je nezbytnou podmínkou vypracování síťové studie. Síťová studie je zpracovávána za paušální poplatek, podle kategorie připojovaného uživatele, sjednaný ve smlouvě o spolupráci na přípravě připojení s budoucím uživatelem PS.

**Územně-technická studie** řeší možnost realizace vybrané varianty včetně specifikace požadavků na zábor a výkupy pozemků je posouzena v územně-technické studii. V této práci jsou provedeny územní průzkumy, nalezen koridor budoucího připojovacího vedení, ev. prostor pro budoucí rozvodnu. Použití vybraných terénů je projednáno s územními orgány, správci sítí a vlastníky dotčených pozemků. Rozsah a náplň studie bude taková, aby mohla sloužit jako podklad pro žádost o vydání územního rozhodnutí. Podmínky opatření studie a termín jejího vyhotovení jsou předmětem smlouvy o připojení. Termín pro zpracování studie - vzhledem k náročnosti průzkumných prací - je závislý na dodávce subdodavatelů a není ho možné obecně specifikovat.

**Studie proveditelnosti** navazuje na předcházející dokumenty. Pro vybranou variantu řešení definuje rozsah investiční akce v návaznosti na související profesní oblasti a možná rizika spojená s realizací akce. V definování záběru akce připouští variantní řešení, zejména z hlediska rozsahu prací. Tato studie posuzuje možnost realizace akce, orientačně ji hodnotí z hlediska investiční a časové náročnosti. Slouží jako podklad v rozhodovacím procesu společnosti pro výběr optimálního řešení a pro zpracování podnikatelského záměru akce.

**Dokumentace zadání akce (DZA)** je materiál, který obsahuje podrobné technické řešení a sestavuje harmonogramy a postupy prací s cílem dosažení maximálně možné přesnosti požadavků na investiční prostředky zahrnované do investičního rozpočtu ČEPS a tím minimalizace nejistot a rizik. Výsledky studie tvoří podklad pro vypracování záměru akce a pro zadání projektu akce.

- 4) **4. krok – Sjednání smlouvy o připojení**

Smlouva o připojení výrobce nebo odběratele k přenosové soustavě musí mimo jiné obsahovat:

- *identifikační údaje smluvních stran s adresami pro doručování*
- *předmět smlouvy a podmínky připojení zařízení včetně výše rezervovaného příkonu*
- *termín připojení zařízení*
- *místo připojení zařízení*
- *výši měrného podílu žadatele o připojení na nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného příkonu a způsob jeho hrazení*
- *dobu platnosti smlouvy*

5) **Podíl žadatele o připojení**

Kodex PS v této části vychází z platného znění vyhl. č. 51/2006 Sb., níže uvedené odvolávky se týkají této vyhlášky.

Měrný podíl žadatele o připojení výrobní elektřiny, odběrného zařízení nebo DS k PS na nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu se určí podle způsobu připojení zařízení žadatele a v souladu s přílohou č. 6 k vyhlášce 51/2006Sb.

**Úroveň zkratových proudů v přenosové soustavě**

(Část VII. Standardy PS, rok 2009, Úroveň zkratových proudů v PS)

**1) Definice:**

Hodnota **ekvivalentního oteplovacího proudu** (dle poslední platné verze ČSN) nesmí překročit:

- v soustavě Un 400 kV - **50 kA**
- v soustavě Un 220 kV - **31.5 kA**
- v soustavě Un 110 kV - **40 kA**

**2) Odůvodnění:**

Mezní hodnoty jsou dány:

- Obecným požadavkem stanovení limitu úrovně zkratových proudů v PS, a tím zamezení jejich nekontrolovatelnému nárůstu.
- Problematikou ovlivňování sdělovacích a drážních zabezpečovacích zařízení, jejichž projekty a realizace jsou těmito hodnotám podřízeny.
- Souladem s typovou řadou úrovní zkratových proudů (přístroje s touto zkratovou odolností jsou běžně vyráběny).

**3) Výchozí pramen, jednotky resp. ukazatele je “ekvivalentní oteplovací proud” [kA]****4) Popis:**

Při rozvoji soustavy, buď z důvodu výstavby nových zdrojů, nebo z důvodu posílení její konfigurace vyvolaném nesplněním kritéria “N – 1” či připojením velkého odběratele, dochází k nárůstu úrovně zkratových proudů. Výpočty těchto proudů jsou prováděny na matematickém modelu soustavy (např. SW balíkem PSS/E, event. Zkraty), přičemž jsou kontrolovány trojpólové i jednopólové hodnoty.

Při výpočtovém zjištění, že hodnoty zkratových proudů překračují uvedené limity, se navrhuje opatření jako rozdělení provozu rozvodu na dvě přípojnice, případně odzemnění některých uzlů transformátorů.

V rozvodnách pracujících z důvodu omezení zkratových proudů na dva systémy přípojníc, může v průběhu revizní kampaně nebo některých poruch, vyvstat požadavek provozu rozvodny na jednu přípojnici. V těchto režimech, požadavek dodržení dovolených mezí zkratových proudů, eventuálně vyvolá i nutnost odstávky bloků elektráren.

Respektování mezních hodnot uvedených v definici v procesu rozvoje soustavy může způsobit i vyloučení některých částí soustavy při určování možné lokalizace nových zdrojů.

## 5 MOŽNÉ ZPŮSOBY PŘIPOJENÍ ZDROJE NA SÍŤ

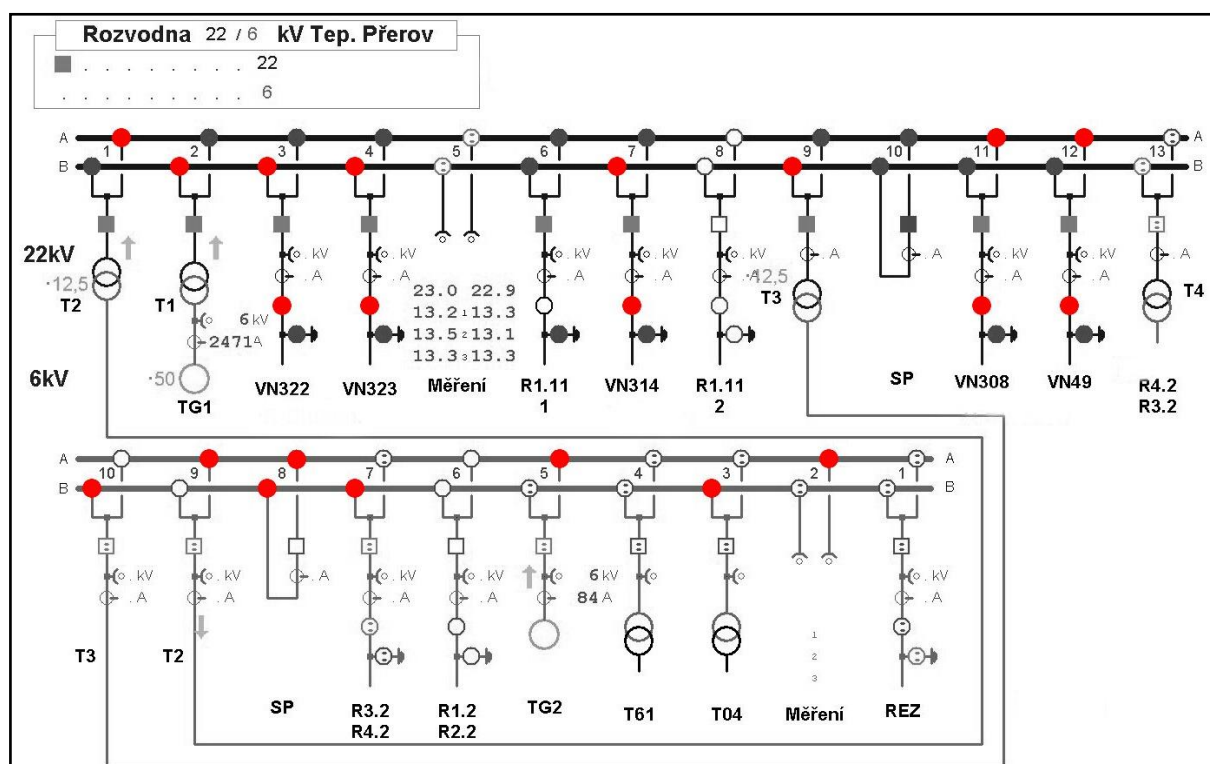
### 5.1 Stávající technické podmínky

#### 5.1.1 Současný stav zařízení v teplárně Přerov

Teplárna Přerov byla postavena v 70 letech minulého století pro vytápění občanské vybavenosti a dodávky tepla pro průmyslovou část města. Nyní pracují v teplárně čtyři kotle, které byly zrekonstruované po roce 1990 a jeden z nich opět prochází rekonstrukcí. Teplárna ročně dodává cca 1690 TJ tepelné energie a cca 270 TWh elektrické energie. V současné době se v teplárně nacházejí dvě turbogenerátorové soustrojí o celkovém výkonu 82 MVA. První TG1 z roku 1995 (viz. obr. 11 a 12) s výkonem 51 MVA a druhý TG2 (z roku 1964) s výkonem 31 MVA, který je ovšem kvůli závadě na vysokotlaké části turbíny omezen pouze na cca 8 MVA.

V průběhu letního a zimního období se celkový dodávaný výkon mění, v zimním období bývá maximální v letním se částečně omezuje (cca 80 – 90%).

Teplárna má dvě rozvodny o napětových hladinách 6 a 22 kV. Ta s vyšším napětím je potom spojena přes pět samostatných vedení s rozvodnou 110/22 kV Dluhonice kam se dodávaný výkon vyrobený v teplárně vyvádí. Jednotlivá vedení jsou potom popsána níže v textu. Rozvodna 6 kV Teplárna Přerov je s dvojitým systémem přípojníc a s příčným spínačem. Rozvodna 6 kV je s rozvodnou 22 kV spojena třemi transformátory T1, T2 a T3 (6,3/22kV) o výkonu 50 a 2 x 12,5 MVA. Aktuální schéma zapojení je na obr.10.



Obr. 10 – Schéma zapojení rozvodny v Teplárně Přerov

Jak je patrné z obr. 10, kde je jednopólové schéma zapojení současného stavu v Teplárně Přerov, každý blok TG je vyveden na hladině 6 kV do jiné přípojnice. Generátor 1 pracuje do přípojnice „B“ a druhý přenáší výkon do přípojnice „A“. Takové zapojení je také podobně provedeno i na hladině 22 kV v teplárně a rovněž do rozvodny Dluhonice (viz. obr. 13), kde výkon z každého TG je připojen na jinou přípojnicí a tím taky na jiný trať 110/22kV. TG1 je připojen na T102 a TG2 na T103. Oba transformátory 110/22 kV pracují do jediné sběrné 110kV.

Toto zapojení a názvy jednotlivých přípojníc jdou také vidět z obr. 14, kde je v programu Evlivy namodelovaná současná situace zapojení a také vyvedení výkonu, který nyní Teplárna Přerov dodává do distribuční sítě.



Na obrázku č. 11 jde vidět umístění parní turbíny a část generátoru ze soustrojí č. 1 ve strojní hale, kde jsou umístěny obě turbogenerátorové soustrojí pracující v teplárně Přerov.

***Obr. 11 – parní turbína č.1 - teplárna Přerov***

Na obrázku č. 12 jde vidět přední část generátoru č. 1 spolu s buzením o jmenovitém ss napětí 268V a jmenovitém proudu 300A, napájející budící vinutí tohoto synchronního stroje.



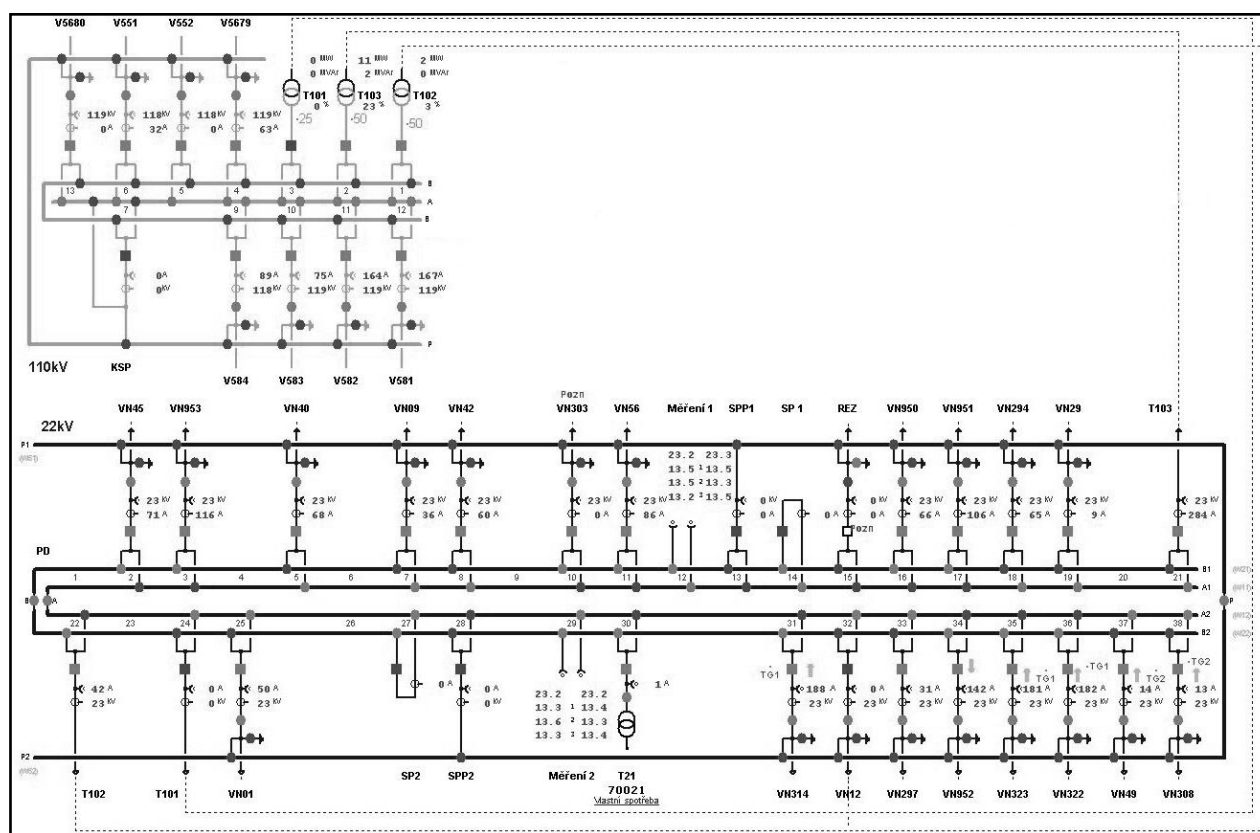
***Obr. 12 – generátor č.1 - teplárna Přerov***

### 5.1.2 Současný stav zařízení v rozvodně Dluhonice

Rozvodna Dluhonice resp. její část o napětí 22 kV byla zrekonstruována v roce 1995 a je provedená jako kobková s dvojitým systémem přípojnic s označení „A“ a „B“ a samostatnou pomocnou přípojnici. Tato část má celkem 38 polí z toho 19 je vývodových, 1 je rezerva s vybavením a 7 polí je rezervních bez výbavy. Hlavní i pomocné přípojnice jsou podélně dělené na dvě části. Každá část je vybavena příčným spínačem přípojnic a také spínačem pomocné přípojnice.

V rozvodně se dále nacházejí tři transformátory 110/23 kV, které jsou propojeny s vn částí vždy pomocí pěti kabelů AXEKCE 3 x 1 x 240 mm<sup>2</sup>.

Část rozvodny vvn o napětí 110 kV je provedena jako venkovní s dvojitým systémem hlavních přípojnic a samostatnou pomocnou přípojnici. Skládá se z celkem 12 polí, z nichž pole 1 až 3 jsou pro výše uvedené transformátory (T101, T102, T103) a pole 4 až 13 mimo 7 a 8 jsou pole vývodů. Pole 7 slouží jako kombinovaný spínač přípojnic a pole 8 je rezerva bez vybavení. Celkové schéma zapojení obou napěťových částí je na obr. 13.



**Obr. 13 – schéma zapojení rozvodny Dluhonice**

Propojení mezi rozvodnou 22 kV Teplárna a Dluhonice je realizováno pěti samostatnými kabely VN 22 kV. Tři z nich jsou provedeny v celé délce jako zemní a dvě jsou uloženy v zemi z větší části jen přechody přes řeku Bečvou jsou provedeny jako venkovní. Čistě kabelové linky mají provozní čísla 322, 323 a 314. Smíšené linky jsou potom provozně očíslovány jako vn č. 49 a 308.

Délky a průřezy jednotlivých částí jsou uvedeny v příloze č. 2. Všechny kabelové části mají vzhledem k době své výstavby použitý typ kabelu AXEKCE, který jsou v současné době již nahrazeny novějším typem AXEKVCEY který lépe zvládá odolnost proti vlhkosti a tím má také starší typ kabelů zvýšenou poruchovost.



### 5.1.3 Současný stav zapojení a toků výkonu přes vedení vn 22 kV

V současnosti je TG1 provozován s výkonem cca 33 MW (což je hodnota o třetinu menší než jmenovitá) a TG2 je provozován s omezeným výkonem z důvodu závady na vysokotlaké části parní turbíny na cca 9 MW. Schéma současného zapojení je patrné z obr. 14. Rozložení výkonu a zátěže zjistíme z přehledové tabulky současného stavu. (tab. 02). Při tomto způsobu provozu žádné zařízení nepracuje se zatížením v rozmezí hodnot blízkých maximálním. Ačkoliv není přenášen výkon dle jmenovitých hodnot obou zdrojů, dochází k nezanedbatelně vysokým činným ztrátám, které se každoročně negativně projeví na ztracené energii.

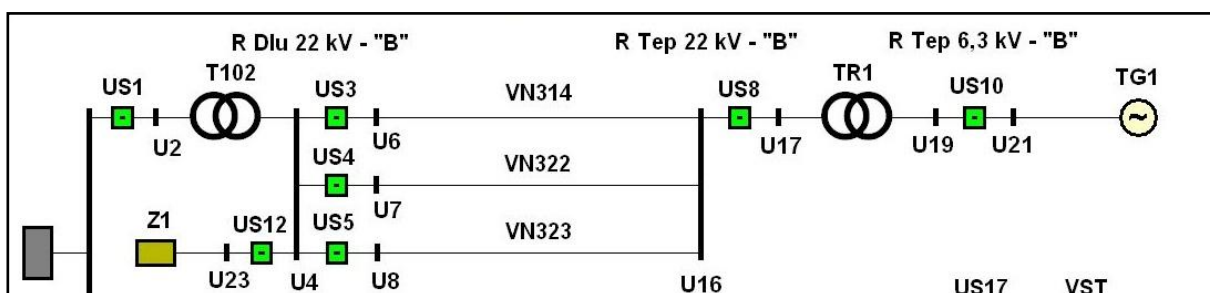
Dle rozvojových záměrů a dlouhodobých plánů společnosti Dalkia a.s. se uvažuje o zvýšení přenášeného výkonu z obou turbogenerátorových soustrojí. V případě TG1 na hodnotu 50 MW a druhý zdroj TG2 na hodnotu 30 MW. Tyto úvahy a záměry nejsou řešeny poprvé, např. původní záměr Dalkie bylo zvýšení výkonu TG2 až na 40 MW.

Současné kabelové vedení (u vedení č. 308 a č. 49 jsou, jak jsem již uváděl na krátké vzdálenosti ještě přerušeny venkovními vodiči pro překlenutí řeky Bečvy) jsou typu AXEKCE 3 x 1 x 240 mm<sup>2</sup> vyrobeny pravděpodobně v kabelovém závodě Kablo v Bratislavě. Pro další výpočty proto budu používat hodnoty uvedené pro tyto kabely výrobcem [15].

Stáří kabelových rozvodů se odhaduje na cca 30 let. Na předmětných kabelech byly pro jejich důležitost v roce 2004 provedeny diagnostické zkoušky na částečné výboje metodou OWTS a také napěťové zkoušky. I když byly odstraněny místa určené diagnostikou jako slabá, dochází z důvodu velkého zatížení stále k poruchám a proto provoz i údržba je náročnější. Tyto jednovláškové kabely (nyní už se používají dvou vláškové s označení EXEKVCEY nebo AXEKVCE) mají horší vlastnosti a jsou poruchovější, protože materiály ze kterých jsou vyrobeny jsou více porézní a polovodiivá vrstva, ze které je každý takový kabel tvořen díky vlhkosti podstatně rychleji stárne a zhoršují se její izolační vlastnosti.

*Tab. 02 – přehled toků proudů a zatížení pro současný stav zapojení*

Varianta 00_Současný stav														
Výkon TG1			33 [MW]						Odběr Dl.př. "A"			20 [MW]		
Výkon TG2			9 [MW]						Odběr Dl.př. "B"			10 [MW]		
Vl.spotřeba			4 [MW]											
TR1			TR2			TR3			T101			T102		
I	859	[A]	I	128	[A]	I	0	[A]	I	28	[A]	I	66	[A]
ξ	68	[%]	ξ	41	[%]	ξ	0	[%]	ξ	23	[%]	ξ	26	[%]
ΔP	67	[KW]	ΔP	10	[KW]	ΔP	0	[KW]	ΔP	8	[KW]	ΔP	15	[KW]
VN 314			VN 322			VN 323			VN 49			VN 308		
I	271	[A]	I	320	[A]	I	271	[A]	I	64	[A]	I	64	[A]
ξ	68	[%]	ξ	80	[%]	ξ	68	[%]	ξ	16	[%]	ξ	16	[%]
ΔP	73	[KW]	ΔP	86	[KW]	ΔP	73	[KW]	ΔP	3	[KW]	ΔP	3	[KW]
Ztráty transformace									Σ ztráty celkem 338 [KW]					
Ztráty ve vedení														
238 [KW]														



***Obr. 14 – Schéma zapojení pro současný stav******Legenda k obrázku:***

- zelená barva prvku znamená zapnutý stav
- červená barva prvku znamená vypnutý stav
- Z1 a Z2 jsou odběry modelující zátěž na jednotlivých přípojnicích v Dluhonicích
- VST je odběr vlastní spotřeby v Teplárně
- US jsou vypínače, kterými lze měnit způsob zapojení pro modelovou situaci

Zkratové poměry současného stavu jsou uvedeny v přehledové tabulce na konci této kapitoly (viz. tab. 09)

Současný stav samozřejmě nepočítá žádné nároky na investice, hodnocení stavu a životnosti současného výrobního a přenosového zařízení přenášejícího vyrobený výkon v majetku Dalkia a.s., není součástí této práce.



## 5.2 Varianta 01 vyvedení celého výkonu přes vedení vn 22 kV

Tato varianta řeší přenesení uvažovaného zvýšeného výkonu po stávajících kabelech na napěťové úrovni 22 kV dle schéma zapojení na obr.15. Rovnou předpokládám zapojení transformátoru TR3 v Teplárně, z důvodu nízkého výkonu TR2 (12,5 MVA), který by nebyl schopen přenést max. výkon z TG2.

Dle výpočtů programu Evlivy je patrné (viz.tab.03), že dojde k přetížení blokového transformátoru v Teplárně TR1 na cca 104% výkonu. Také vedení VN 22 kV přenášející výkon z TG1 přesáhly hranici proudové zatížitelnosti a v případě VN č.322 je přetížení ještě výraznější (tato linka je fyzicky kratší proti dalším dvěma paralelním vedením), takže její zátěž dosáhla hodnoty 121% jmenovitého proudu, což je pro provoz zcela nevyhovující. Celkové činné ztráty, jak jsou uvedeny v tab.03 jsou vyšší proti stávajícímu stavu o 679 kW, což je téměř 3 x více. Toto hledisko bude mít nepříznivý dopad na obchodně technické ztráty z důvodu ceny za vyrobené, ale nedodané GWh.

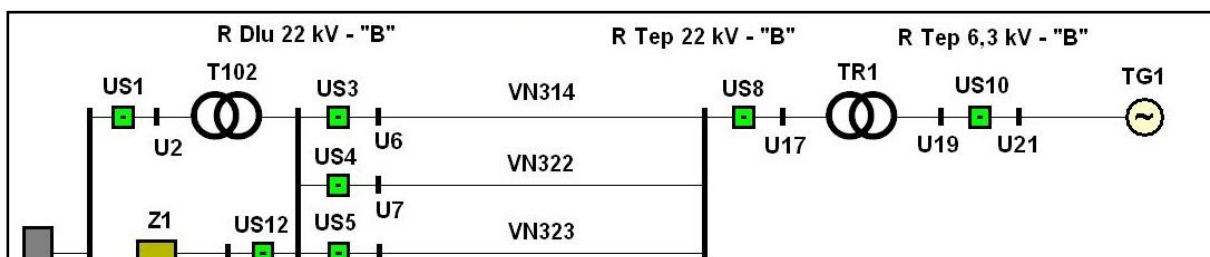
Pro takové provozování by bylo nutno vyměnit stávající blokové trafo TR1 které je dle výpočtů přetíženo. Také TR 2 a TR3 jsou zatíženy na vysokou procentní hodnotu, což se může negativně promítnout při provozování a životnosti strojů (což by se dalo vyřešit také výměnou jednoho blokového TR, ale v této mojí variantě nechám stoje dosavadní). Dále je potřeba posílit vedení vn 22 kV, pro snížení zátěže stávajících vedení. Nová linka bude mít taky za následek snížení činných ztrát. Pro přidání nového vedení nebudou kladeny nároky na úpravy rozveden ani v Teplárně ani v Dluhonicích, protože existují rezervy, do kterých se nový kabel může zaústit.

Zkratové poměry jsou uvedeny v tab. 08.

Také investiční náročnost této varianty je uvedena v tab.09 a vzhledem k navrhovaným úpravám jde o nejmenší náklady ze všech navržených variant. Celkové zhodnocení je provedeno v závěru kapitoly.

Tab. 03 – přehled toků proudů a zatížení pro variantu 01

Varianta 01														
Výkon TG1			51,25 [MVA]						Odběr Dl.př. "A"			20 [MW]		
Výkon TG2			31,25 [MVA]						Odběr Dl.př. "B"			10 [MW]		
Vl.spotřeba			8 [MW]											
TR1			TR2			TR3			T101			T102		
I	1296	[A]	I	298	[A]	I	288	[A]	I	64	[A]	I	153	[A]
ξ	104	[%]	ξ	95	[%]	ξ	91	[%]	ξ	56	[%]	ξ	51	[%]
ΔP	157	[KW]	ΔP	52	[KW]	ΔP	46	[KW]	ΔP	81	[KW]	ΔP	43	[KW]
VN 314			VN 322			VN 323			VN 49			VN 308		
I	408	[A]	I	482	[A]	I	408	[A]	I	293	[A]	I	293	[A]
ξ	102	[%]	ξ	121	[%]	ξ	102	[%]	ξ	73	[%]	ξ	73	[%]
ΔP	166	[KW]	ΔP	196	[KW]	ΔP	166	[KW]	ΔP	55	[KW]	ΔP	55	[KW]
Ztráty transformace						379 [KW]			Σ ztráty celkem			1017 [KW]		
Ztráty ve vedení						638 [KW]								



***Obr. 15 – Schéma zapojení pro první variantu***

Legenda k obrázku:

- zelená barva prvku znamená zapnutý stav
- červená barva prvku znamená vypnutý stav
- Z1 a Z2 jsou odběry modelující zátěž na jednotlivých přípojnicích v Dluhonicích
- VST je odběr vlastní spotřeby v Teplárně
- US jsou vypínače, kterými lze měnit způsob zapojení pro modelovou situaci

### 5.3 Varinata 02 vyvedení výkonu do systému 22 kV a zároveň do 110 kV

Druhá varianta se zabývá řešením vyvedení části výkonu přes stávající kabelové vedení VN (tato úvaha pracuje se zachováním provozu všech pěti vývodů, ale skutečný provoz lze samozřejmě i různě kombinovat) a další část výkonu se povede přes nové vedení vvn 110 kV (nově uvažované jako kabelové provedení o průřezu 240 mm<sup>2</sup>), což je zřejmé ze schématu zapojení viz.obr.16. Zapojení bylo zvoleno tak, aby výkon z TG2 byl přenášen po kabelech vn 22 kV (z důvodu menší zátěže a tím menších činných ztrát) a výkon z TG1 přenášen po novém vedení 110 kV.

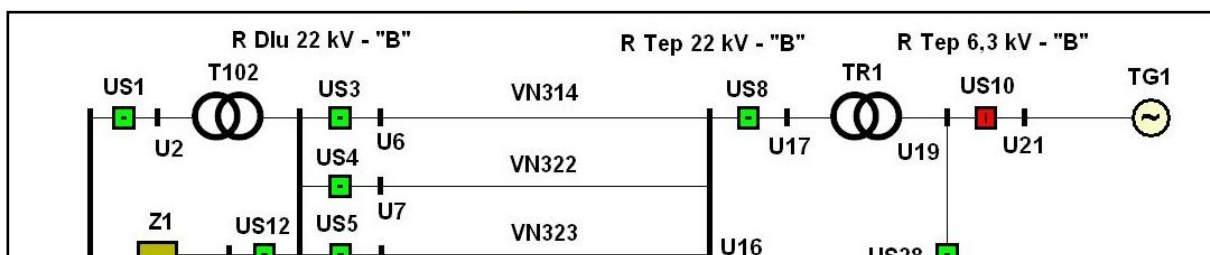
Z vypočtených výsledků uvedených v tab.04 jde vidět výrazné snížení činných ztrát a to více jak o trojnásobek než v případě varianty 01. Jako hlavní důvod bych uvedl vyřazení z provozu TR2, TR3 v Teplárně spolu s T101 a na T102 jde pouze o nepatrnou zátěž (výkon z TG2 je spotřebován na hladině 22 kV v Dluhonicích) a také ztráty na vedení vvn a novém transformátoru T104 (50 MVA) jsou podstatně menší.

Zátěž jednotlivých prvků systému je porovnatelná z přehledové tabulky pro tuto variantu (viz.tab.04). Pouze v případě transformátoru T104, který zatížen na vyšší hodnotu (má zátěž 5 % pod hranici technického maxima), jsou ostatní hodnoty v pořádku. Na zvýšenou zátěž T104 by se dalo přihlídnout už při výrobě, na základě vypočtených hodnot a předpokladu, že blokové transformátory u zdroje pracují převážně okolo hranice max. hodnot.

Tato varianta je také příznivá pro možnost přechodného provozu po hladině jak 110 tak také 22 kV, záleží pouze na volbě vhodného blokového TR104 mezi přípojnici 6,3 a 110 kV v Teplárně, aby stroj zvládnul transformovat výkon z obou generátorových soustrojí (volba 50 MVA, jako je v modelovém příkladu by byla nedostačující a výkon by musel být regulován dle jmenovitých hodnot transformátoru T104).

Tab. 04 – přehled toků proudů a zatížení pro variantu 02

Varianta 02														
Výkon TG1			51,25 [MVA]						Odběr Dl.př. "A"			20 [MW]		
Výkon TG2			31,25 [MVA]						Odběr Dl.př. "B"			10 [MW]		
Vl.spotřeba			8 [MW]											
TR1			T102			T104						VVN 02		
I	594	[A]	I	83	[A]	I	247	[A]				I	248	[A]
ξ	53	[%]	ξ	33	[%]	ξ	92	[%]				ξ	54	[%]
ΔP	34	[KW]	ΔP	24	[KW]	ΔP	97	[KW]				ΔP	80	[KW]
VN 314			VN 322			VN 323			VN 49			VN 308		
I	97	[A]	I	115	[A]	I	97	[A]	I	143	[A]	I	143	[A]
ξ	24	[%]	ξ	29	[%]	ξ	24	[%]	ξ	36	[%]	ξ	36	[%]
ΔP	9	[KW]	ΔP	11	[KW]	ΔP	9	[KW]	ΔP	13	[KW]	ΔP	13	[KW]
Ztráty transformace						155 [KW]			Σ ztráty celkem			290 [KW]		
Ztráty ve vedení						135 [KW]								



***Obr. 16 – Schéma zapojení pro variantu 02***

*Legenda k obrázku:*

- zelená barva prvku znamená zapnutý stav
- červená barva prvku znamená vypnutý stav
- Z1 a Z2 jsou odběry modelující zátěž na jednotlivých přípojnicích v Dluhonicích
- VST je odběr vlastní spotřeby v Teplárně
- US jsou vypínače, kterými lze měnit způsob zapojení pro modelovou situaci

## 5.4 Varianta 03 vyvedení celého výkonu do 110 kV přes jedno vedení vvn

V pořadí třetí varianta řeší přenesení celého výkonu obou turbogenerátorových soustrojí přes jeden nový transformátor 110/6,3 kV o výkonu 90 MVA a také přes jediné kabelové vedení vvn o průřezu 350 mm<sup>2</sup> (průřez vedení byl navržen, tak aby vyhovoval přenesení celého výkonu).

Z další přehledové tabulky pro tuto variantu je patrné, že činné ztráty se opět snížily, i když toto snížení už není proti předchozí variantě tak výrazné, ale proti vyvedení výkonu po hladině 22 kV je to nadále rozdíl v rozmezí řádů jednotek GWh.

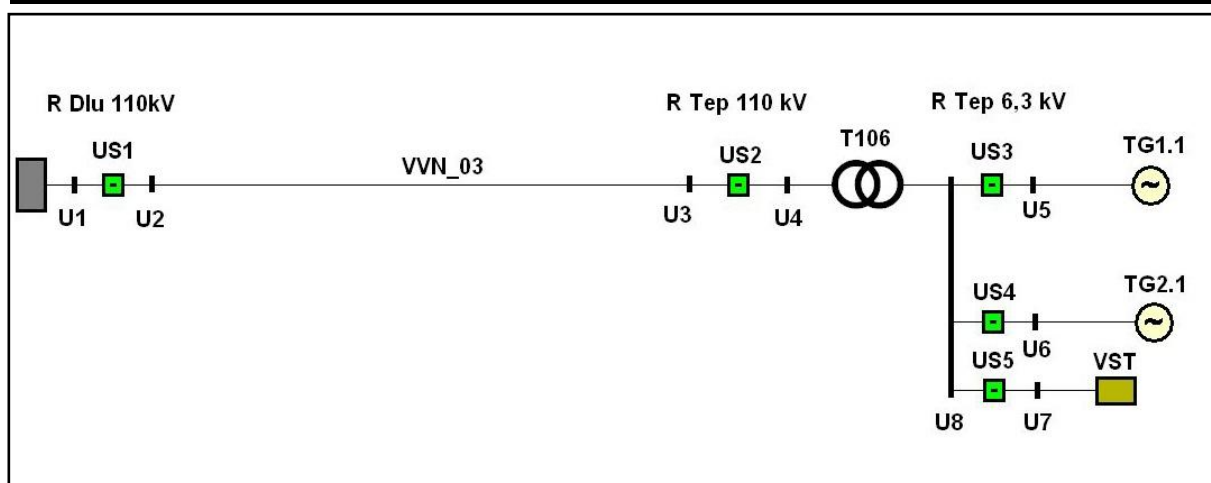
I když tato varianta je z hlediska zatížení vedení a transformátoru zatím neoptimálnější, došlo ke zhoršení zkratových poměrů, zvláště na přípojnicích 6,3 kV v Teplárně, kde provoz obou TG soustrojí do jedné přípojnice má na tento stav značný vliv. Celkový přehled zkratových proudů a výkonů je patrný z tab. 09.

Nevýhodou této varianty mohou být vstupní investiční náklady a také ztráta možnosti (proti předchozí variantě) zálohování po stávajících vedení vn, i když u nového zařízení vvn bude vysoká pravděpodobnost bezporuchového chodu.

Dále doplňuji, že řešení záložního napájení vlastní spotřeby a celého areálu Teplárny v případě výpadku generátorů je řešeno napojením přes trafostanici 22/0,4 kV, která je napájena z distribuční sítě vn ve městě Přerově (v majetku ČEZ Distribuce a.s.)

Tab. 05 – přehled toků proudů a zatížení pro variantu 03

Varianta 03														
Výkon TG1			51,25 [MVA]						Odběr Dl.př. "A"			20 [MW]		
Výkon TG2			31,25 [MVA]						Odběr Dl.př. "B"			10 [MW]		
Vl.spotřeba			8 [MW]											
T106												VVN 03		
I	385	[A]										I	385	[A]
ξ	80	[%]										ξ	70	[%]
ΔP	96	[KW]										ΔP	174	[KW]
Ztráty transformace						96 [KW]			Σ ztráty celkem			270 [KW]		
Ztráty ve vedení						174 [KW]								



Obr. 17 – Schéma zapojení pro variantu 03

## 5.5 Varianta 04 vyvedení celého výkonu přes dva TR 110/6,3 kV a dvěma kabelovými vedeními vvn

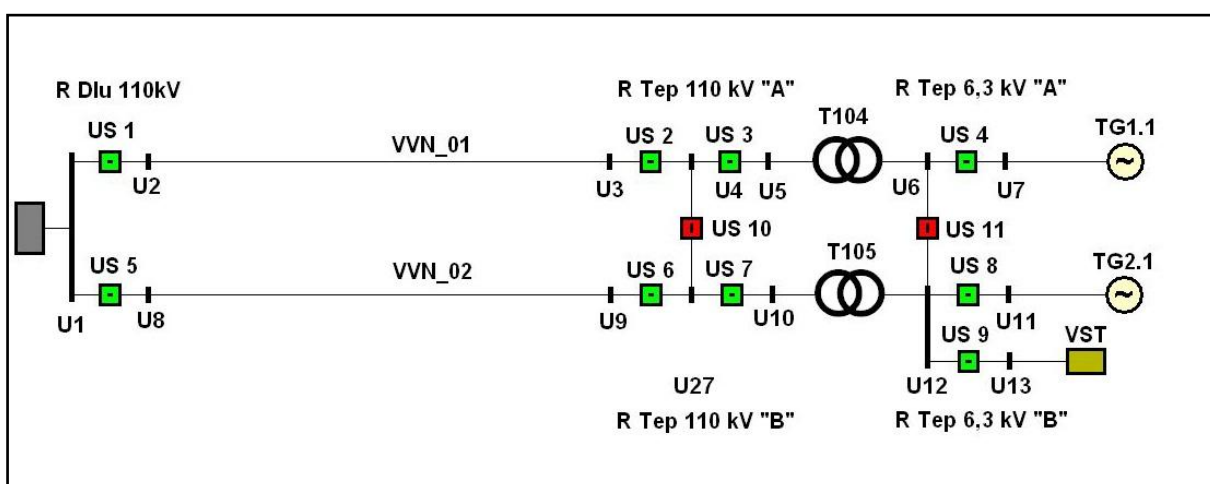
Poslední uvažovaná varianta řeší možnost, že celý výkon se bude přenášet dvěma kabelovými vedeními vvn 110 kV o průřezu 240 mm<sup>2</sup> (což jsou nejmenší průřezy kabelů používané na hladině 110kV), a za současného předpokladu dvou stání pro transformaci 6,3/110 kV, umístěných opět v areálu Teplárny. Nové vedení vvn je podobně jako v předchozích variantách na krátkou vzdálenost připojeno do vvn části R Dluhonice. Tato varianta se snaží zohlednit hlavně snížení zkratových výkonů, zajištění lepší spolehlivost a také možnost dalšího snížení činných ztrát.

Jak je patrné z přehledové tabulky pro poslední variantu, ještě dojde k dalšímu snížení ztrát, z důvodu rozdělení zatížení na dvě vedení a to přesto, že ztráty na transformaci proti předchozí variantě se zvýší. Z hlediska toků proudů a zatížení jednotlivých prvků je tato varianta výhodná, ale podobně jako u varianty 3 a 2 vychází dle odhadů odolnosti nadlimitně vysoké hodnoty zkratových výkonů pro napěťovou hladinu 6 kV v Teplárně (viz. tab. 08)

Tato varianta je také nejdražší variantou podle předpokládaných investic, které by byly nutné pro provedení takového zapojení (viz. tab. 09)

Tab. 06 – přehled toků proudů a zatížení pro variantu 04

Varianta 04																
Výkon TG1				51,25 [MVA]					Odběr Dl.př. "A"			20 [MW]				
Výkon TG2				31,25 [MVA]					Odběr Dl.př. "B"			10 [MW]				
Vl.spotřeba				8 [MW]												
T104			T105						VVN 01			VVN 02				
I	262	[A]	I	130	[A]				I	263	[A]	I	131	[A]		
ξ	97	[%]	ξ	48	[%]				ξ	48	[%]	ξ	29	[%]		
ΔP	108	[KW]	ΔP	27	[KW]				ΔP	90	[KW]	ΔP	20	[KW]		
Ztráty transformace						135 [KW]					Σ ztráty celkem				245 [KW]	
Ztráty ve vedení						110 [KW]										



Obr. 18 – Schéma zapojení pro variantu 04

## 5.6 Technicko ekonomické zhodnocení jednotlivých variant:

### 5.6.1 Výpočty a příprava na hodnocení

S ohledem na rozsah výpočtů a časovou náročnost bylo pro všechny varianty využito výpočetního programu E-vlivy. Pomocí tohoto software, byly vypočteny všechny elektrické veličiny jednotlivých variant. Na schéma zapojení současného stavu byla provedena také kontrola ručním výpočtem zkratových výkonů [10] dle ČSN EN 60909 viz. příloha č. 3 a také srovnávací tabulka výsledků z programu E-vlivy a ručního výpočtu (tab. 07) Konečné výsledky se liší jen v řádech desetín, takže lze říci, že modelování jednotlivých variant v programu E-vlivy, odpovídá ručně vypočteným hodnotám dle ČSN EN 60909 – Zkraty. [14]

*Tab. 07 - Porovnání zkrat.výkonů výpočet dle ČSN a program Bizon*

Přípojnice	Výpočet dle skutečných veličin		Výpočet hodnot E-vlivy	
Varianta 00	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]
Dluhonice 110 kV	2 819,8	14,80	2 808,3	14,74
Dluhonice 22 kV "A"	326,6	8,57	325,6	8,55
Dluhonice 22 kV "B"	567,8	14,90	575,0	15,09
Teplárna 22 kV "A"	314,0	8,24	311,7	8,18
Teplárna 22 kV "B"	548,7	14,40	552,9	14,51
Teplárna 6,3 kV "A"	353,5	32,40	347,6	31,86
Teplárna 6,3 kV "B"	592,5	54,30	600,8	55,06

Byl proveden výpočet zkratových poměrů na všech napěťových úrovních a přípojnících. Z přehledu je patrná výše zkratových proudů i výkonů v přímém porovnání se zkratovou odolností jednotlivých přípojníc (viz tab. 08). Zkratová odolnost navrhované přípojnice 110 kV v Teplárně byla navržena podle parametrů nového zařízení dané napěťové hladiny. Skutečnou zkratovou odolnost přípojníc 6kV v Teplárně se mi nepodařilo ověřit, ale nepředpokládám, že by zatížitelnost tohoto zařízení byla větší než 650MVA, což odpovídá zkratovým proudům 60 kA.

V případě stávajícího stavu zapojení a varianty č. 01 jsou hodnoty zkratových poměrů na všech přípojnících v rámci toleranci zkratové odolnosti.

Varianty č. 02 a č. 04 jsou vyhovující na úrovni 110 a 22 kV. Na úrovni 6 kV jsou hodnoty v povolených mezích pouze v případě přípojnice napájené z TG2. Na přípojnících hladiny 6 kV napájených z TG1 vznikají z důvodu jmenovitého výkonu generátoru a snížení celkové impedance obvodu (přepojením na hladinu 110 kV) hodnoty zkratového výkonu překračující hranici předpokládané zkratové zatížitelnosti. V případě těchto variant by bylo potřeba ověřit skutečný možný zkratový výkon a přijmout případné opatření pro zvýšení odolnosti.

Jako zcela nevyhovující varianta z pohledu zkratové odolnosti vychází návrh č. 3, kdy vlivem paralelní spolupráce obou generátorů do stejné přípojnice roste hodnota zkratového proudu i výkonu vysoko nad její odhadovanou hodnotu.

### **5.6.2 Zhodnocení variant**

Z hlediska činných ztrát a jejich snížení se nejlépe jeví varianty přenesení celkového výkonu po vedení VVN. Jsou to varianty s vyvedením části nebo celého výkonu přes hladinu 110 kV, kdy ročně dojde k úspoře ztracené energie řádově v několika jednotkách GWh menší než v případě vyvedení na hladině 22 kV. Provozovat obě turbogenerátorové soustrojí na hladině 22 kV se jeví jako neekonomické z důvodu velkých ročních ztrát ve vyrobené, ale ztracené energii resp. elektrické práci vyjádřené v GWh.

Z hlediska zkratových výkonů je zvláště při variantě 3, kdy obě soustrojí TG1 i TG2 pracují do společné přípojnice 6 kV nepříznivý stav, kdy dochází k velkému nárůstu zkratového výkonu na přípojnici v Teplárně. Tato varianta by ještě musela být podpořena další investicí do modernizace hladiny 6 kV (resp. zvýšení její zkr. odolnosti). Varianta 4 je v oblasti zkratových proudů a výkonů na podobné úrovni jako varianta 2, ale neprospěch varianty 04 zase vyznívá nutnost druhého vedení vvn a transformátoru (6,3/110 kV – 50 MVA), což hodně zvyšuje investiční náklady.

Z přehledu investičních nákladů (viz. tab. 09) je zřejmé, že náročnost nutných investic roste společně s přechodem celého výkonu do hladiny 110 kV a také podle stoupající pravděpodobnosti bezporuchového stavu (např. při použití dvou vedení). Z vyjádřených činných ztrát při předpokládaném provozu po určitou dobu hodin v roce, která je pro všechny varianty stejná, lze taky rychle rozeznat, že největší rozdíl ve výši činných ztrát, bude dosaženo mezi variantou 01 a variantou 02, což v praxi znamená rychlejší návratnost vložených investic. Pro další případy (varianty 03 a 04) už rozdíly nejsou tak velké, ale náročnost investic je znatelně vyšší proti variantě 02.

Z hlediska úbytků napětí, kterým nebyla věnována větší pozornost jsou všechny varianty hluboko před hranicí povolené tolerance 10%, což se dalo vzhledem ke krátkým přenosovým vzdálenostem očekávat. Úbytky byly kontrolovány také podle výpočtů programu Bizon, ale samostatně zde nejsou uvedeny.

**Jako nejvhodnější se po zvážení výše uvedených okolností jeví řešení vyvedení vedením 22 kV + vedením 110 kV. Tato varianta disponuje s malými ztrátami, s velkou spolehlivostí, možností variabilního zapojení a přesto, že na druhou stranu má vyšší vstupní investiční náklady proti variantě 01, tak vzhledem k úspoře ztracené energie se dá předpokládat rychlá návratnost investic. Další varianty na hladině 110 kV jsou z hlediska činných ztrát ještě mírně výhodnější, ale v jejich neprospěch jsou investiční náklady, které zvláště u varianty 04 stoupají vysoko z důvodu dvou kabelových vedení vvn 110 kV.**



Tab. 08 – Přehledová tabulka zkratových výkonů a proudů

Přípojnice	Výpočet hodnot Eylvy		Zkratová odolnost	
Varianta 00	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]
Dluhonice 110 kV	2 808,3	14,74	3 505,7	18,40
Dluhonice 22 kV "A"	325,6	8,55	609,7	16,00
Dluhonice 22 kV "B"	575,0	15,09	609,7	16,00
Teplárna 22 kV "A"	311,7	8,18	636,4	16,70
Teplárna 22 kV "B"	552,9	14,51	636,4	16,70
Teplárna 6,3 kV "A"	347,6	31,86	654,7	60,00
Teplárna 6,3 kV "B"	600,8	55,06	654,7	60,00
Přípojnice	Výpočet hodnot Eylvy		Zkratová odolnost	
Varianta 01	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]
Dluhonice 110 kV	2 825,5	14,83	3 505,7	18,40
Dluhonice 22 kV "A"	362,2	9,51	609,7	16,00
Dluhonice 22 kV "B"	575,4	15,10	609,7	16,00
Teplárna 22 kV "A"	351,3	9,22	636,4	16,70
Teplárna 22 kV "B"	553,3	14,52	636,4	16,70
Teplárna 6,3 kV "A"	385,0	35,28	654,7	60,00
Teplárna 6,3 kV "B"	600,9	55,07	654,7	60,00
Přípojnice	Výpočet hodnot Eylvy		Zkratová odolnost	
Varianta 02	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]
Dluhonice 110 kV	2 901,7	15,23	3 505,7	18,40
Dluhonice 22 kV "A"	532,3	13,97	609,7	16,00
Dluhonice 22 kV "B"	532,3	13,97	609,7	16,00
Teplárna 22 kV "A"	516,3	13,55	636,4	16,70
Teplárna 22 kV "B"	516,3	13,55	636,4	16,70
Teplárna 6,3 kV "A"	480,6	44,05	654,7	60,00
Teplárna 6,3 kV "B"	725,7	66,51	654,7	60,00
Teplárna 110 kV	2 723,6	14,30	6 001,6	31,50
Přípojnice	Výpočet hodnot Eylvy		Zkratová odolnost	
Varianta 03	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]
Dluhonice 110 kV	2 915,2	15,30	3 505,7	18,40
Teplárna 110 kV	2 754,6	14,46	6 001,6	31,50
Teplárna 6,3 kV "A"	1 188,7	108,94	654,7	60,00
Přípojnice	Výpočet hodnot Eylvy		Zkratová odolnost	
Varianta 04	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]	Sk'' [MVA]	Ik'' [kA]
Dluhonice 110 kV	2 926,9	15,36	3 505,7	18,40
Teplárna 110 kV "A"	2 739,0	14,38	6 001,6	31,50
Teplárna 110 kV "B"	2 432,8	12,77	6 001,6	31,50
Teplárna 6,3 kV "A"	725,9	66,53	654,7	60,00
Teplárna 6,3 kV "B"	592,3	54,28	654,7	60,00

Tab. 09 – Přehledová tabulka investičních nákladů pro jednotlivé varianty

Investiční náklady	počet jednotek	Cena v tis.Kč za jednotku	Cena v tis.Kč celkem
<b>Varianta 01</b>			
Nové blokové trafo pro TG1 (6,3/22kV; výkon 65 MVA)	1 ks	19 000,00	19 000,00
Posílení kabelového vedení VN 22 kV (nový kabel AXEKVCEY 240)	2,5 km	10 000,00	25 000,00
Činné ztráty (1017 kW) způsobí při průměrném provozu 5256 hod ročně ztrátu na el. práci 5345 MWh			
<b>CELKEM</b>	-	-	<b>44 000,00</b>
<b>Varianta 02</b>			
Nové blokové trafo pro T <sub>104</sub> (6,3/110kV; výkon 50 MVA)	1 ks	22 000,00	22 000,00
Nové kabelové vedení VVN 02 - 240 mm	2,1 km	17 000,00	42 500,00
Kabelové koncovky VVN (2 sady po třech)	6 ks	150,00	900,00
Vybavení stání VVN v R Teplárna	1 ks	10 000,00	10 000,00
Vybavení stání VVN v R Dluhonice	1 ks	10 000,00	10 000,00
Činné ztráty (290 kW) způsobí při průměrném provozu 5256 hod ročně ztrátu na el. práci 1524 MWh			
<b>CELKEM</b>	-	-	<b>85 400,00</b>
<b>Varianta 03</b>			
Nové blokové trafo pro T <sub>106</sub> (6,3/110kV; výkon 90 MVA)	1 ks	28 000,00	28 000,00
Nové kabelové vedení VVN 03 - 350 mm	2,5 km	21 000,00	52 500,00
Kabelové koncovky VVN (2 sady po třech)	6 ks	150,00	900,00
Vybavení stání jednoho pole VVN v R Teplárna	1 ks	10 000,00	10 000,00
Vybavení stání jednoho pole VVN v R Dluhonice	1 ks	10 000,00	10 000,00
Činné ztráty (270 kW) způsobí při průměrném provozu 5256 hod ročně ztrátu na el. práci 1419 MWh			
<b>CELKEM</b>	-	-	<b>101 400,00</b>
<b>Varianta 04</b>			
Nové blokové trafo pro T <sub>104</sub> (6,3/110kV; výkon 50 MVA)	1 ks	22 000,00	22 000,00
Nové blokové trafo pro T <sub>105</sub> (6,3/110kV; výkon 50 MVA)	1 ks	22 000,00	22 000,00
Nové kabelové vedení VVN 03 - 350 mm	2,5 km	21 000,00	52 500,00
Kabelové koncovky VVN (4 sady po třech)	12 ks	150,00	1 800,00
Vybavení stání VVN v R Teplárna	2 ks	10 000,00	20 000,00
Vybavení stání VVN v R Dluhonice	2 ks	10 000,00	20 000,00
Činné ztráty (245 kW) způsobí při průměrném provozu 5256 hod ročně ztrátu na el. práci 1287 MWh			
<b>CELKEM</b>	-	-	<b>138 300,00</b>

## 6 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se v první části zabýval teoretickým rozborem elektroenergetických sítí v České Republice. Popisem přenosové a distribuční soustavy, jejich složením funkcí a rozdělením z hlediska parametrů, napětových hladin nebo topologií. Dále byly popsány možnosti výpočtu dimenzování energetických zařízení, požadavků kladených na jejich parametry, odolnost, ustálený chod a bezpečnost. Druhá část teoretické přípravy se zabývá spolehlivostí a výpočtem zkratových poměrů v jednotlivých částech zařízení. Možnostmi a metodikami těchto výpočtů v případě spolehlivosti a postupy s jejich objasněním v případě výpočtů zkratů.

Další část teorie se týká nejdůležitějších legislativních podmínek, které musí být splněny pro připojení takového zdroje do distribuční soustavy. Jsou to zejména zákon 458/200 Sb, podmínkách podnikání v elektroenergetice, vyhl. 51/2006 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě a kodexy (pravidla) pro provozování přenosové a distribuční soustavy, která za schválení energetického regulačního úřadu vydává provozovatel příslušné soustavy.

V praktické části své práce, se věnuji popisu stávajícího stavu zapojení a současného vyvedení výkonu z Teplárny Přerov do distribuční soustavy. Dále jsou tady popsány možné varianty, jak by navýšený výkon bylo možné přenést z výroby až do místa spotřeby resp. distribuce. Hlavním cílem práce bylo posoudit a vybrat nejvhodnější variantu pro vyvedení zvýšeného výkonu ze dvou turbogenerátorových soustrojí v Teplárně Přerov. K jednotlivým variantám jsem provedl výpočty nejdůležitějších základních elektrických a ekonomických parametrů potřebných pro objektivní zvážení výhodnosti (resp. nevýhodnosti) každé z variant a provedl také jejich zhodnocení.

**Nejvýhodnějším provedením dle vypočtených a zjištěných skutečností je varianta č. 02, kdy je výkon z každého turbogenerátoru přenášen po jiné napětové hladině. Pro TG1 byla zvoleno nové vedení vvn a pro výkon z TG2 zůstaly nadále v provozu dosavadní kabelové soubory na hladině vn. Tato varianta je z pohledu činných ztrát a náročnosti investic nejlepším řešením, protože při srovnatelně nižším vstupním nákladům (proti variantám 03 a 04), se dá předpokládat rychlý návrat investic z důvodu výrazně nižších činných ztrát.**

I když na základě výpočtu a učiněných závěrů, lze vybrat nejvýhodnější variantu, nabízí se ještě otázka, jestli je výhodné v dané lokalitě, navyšovat vyvedení výkonu na velikosti cca 80 MW. Takovéto výkony do značné míry ovlivňují parametry dosavadních zařízení a negativně působí např. na jednotlivé distribuční vývody na hladině 22 kV, kterých je v distribučních rozvodnách jako Dluhonice několik desítek.

## **7      POUŽITÁ LITERATURA**

- [1] Brauner, Elektrařenství, VUT Brno, SNTL, 1976
- [2] Hradílek, Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení, ISBN 987-80-7225-291-6
- [3] Rusek, Provoz a řízení elektrizačních soustav, studijní materiály VŠB TU Ostrava, 2006
- [4] Rusek, Teoretická elektroenergetika, Skripta VŠB-TU, 1999
- [5] Hodinka, Fecko, Němeček, přenos a rozvod elektrické energie, SNTL Praha, 1989
- [6] Provozně technická pravidla ČEZ 22/1980 Výpočet spolehlivosti rozvodu elektrické energie
- [7] Gurecký, Přenos a rozvod elektrické energie, studijní materiály VŠB TU Ostrava, 2006
- [8] Gurecký, Projektování elektrických distribučních sítí, studijní materiály VŠB TU Ostrava 2007
- [9] Medvec, Přechodové jevy v ES, návody do cvičení, Skripta VŠB TU Ostrava, 2002
- [10] Krejčí, Cvičení z Elektroenergetiky, Skripta VŠB TU Ostrava, 2003
- [11] Zákon 458/2000Sb. Energetický zákon, Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2000
- [12] Vyhl.51/2006 Sb. O podmínkách připojení k elektrizační soustavě, MPO, 2006
- [13] Pravidla (kodexy) provozování elektrizační a přenosové soustavy, ČEPS a.s., 2009
- [14] ČSN EN 60909-0 – Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách
- [15] NKT Cables s.r.o., Kladno, výrobce kabelů, <<http://www.nktcables.cz/>>

## **8 SEZNAM PŘÍLOH:**

Příloha č. 1 – Tabulka generátorů a transformátorů

Příloha č. 2 – Tabulka vedení

Příloha č. 3 – Výpočet zkratových poměrů pro současný stav dle ČSN EN 60909